

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

ROBERTA CRISTINA POSSAMAI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (iLP) NO BIOMA CERRADO**

SÃO PAULO
2017

ROBERTA CRISTINA POSSAMAI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (iLP) NO BIOMA CERRADO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronegócio.

Campo de conhecimento: Economia e Gestão de Agronegócio

Orientador Prof. Dr. Felipe Cauê Serigati

SÃO PAULO

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
(VERSO FOLHA DE ROSTO)

Possamai, Roberta Cristina.

Análise de viabilidade econômica da implantação do sistema Integração lavoura-pecuária (iLP) no bioma cerrado / Roberta Cristina Possamai. - 2017. 173 f.

Orientador: Felipe Cauê Serigati

Dissertação (MPAGRO) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Lavoura - Brasil. 2. Pecuária. 3. Economia agrícola. 4. Cerrados - Brasil. 5. Viabilidade econômica. I. Serigati, Felipe Cauê. II. Dissertação (MPAGRO) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 633/636(81)

ROBERTA CRISTINA POSSAMAI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (iLP) NO BIOMA CERRADO**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Escola de Economia de São Paulo da
Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV,
como requisito para a obtenção de título de
Mestre em Agronegócio.

Data de Aprovação:

__/__/____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Felipe Cauê Serigati
FGV-SP

Prof. Dr. Eduardo Delgado Assad
FGV-SP

Prof. Dr. Annelise Vendramini
FGV-SP

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, o meu agradecimento é para o meu orientador, Professor Doutor Felipe Cauê Serigati. Agradeço por todos os ensinamentos, paciência, todas as oportunidades dadas e, principalmente, por toda a confiança que sempre depositou em mim. Sem ele, nada disso teria acontecido.

Em segundo lugar, o meu agradecimento vai para a minha família, principalmente meus pais Cristina e Rogerio, e para o meu marido Henrique. Agradeço aos meus pais por todo incentivo dado e por toda a base educacional que, com muito esforço, proporcionaram-me, sem a qual não seria possível começar, nem terminar, esse mestrado.

Agradeço ao meu marido por todo sacrifício realizado, pelo incentivo, paciência e toda a compreensão que sempre demonstrou, principalmente, nesses dois últimos anos, respeitando minha ausência e dedicação aos estudos. Ele que sempre me ajudou, e sempre acreditou no meu potencial.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que essa etapa fosse concluída, como os professores, colegas de classe e colegas de trabalho.

RESUMO

Sob quais condições técnicas e de mercado um sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) se torna economicamente viável no Cerrado? Em que pese as vantagens produtivas e ambientais dos sistemas iLP e as condições que os tornam tecnicamente factíveis, a avaliação de sua viabilidade econômica é fundamental para a implementação, consolidação e expansão dessa modalidade de arranjo produtivo.

O objetivo dessa dissertação é avaliar sob quais condições técnicas e de mercado um sistema iLP se torna ou deixa de ser economicamente viável. Para realizar tal análise, partiu-se de uma propriedade rural representativa (hipotética) localizada no bioma Cerrado. A avaliação da viabilidade econômica se deu por meio da análise do Fluxo de Caixa Descontado dessa propriedade, considerando como cenário referencial os indicadores econômico-financeiros de 2016 (dados secundários). A partir desse cenário base e dando choques na principais variáveis do sistema, foram simulados cenários alternativos de forma a identificar sob quais condições o projeto se torna ou deixa de ser economicamente viável.

Entre os resultados encontrados, destaca-se que, embora o sistema iLP tenha se mostrado economicamente rentável na maioria dos cenários simulados, alterações conjunturais afetam de forma decisiva a viabilidade econômica do projeto.

Palavras Chaves: sistemas de integração, lavoura, pecuária, viabilidade econômica, análise de sensibilidade.

ABSTRACT

Under what technical and market conditions does an integrated crop-livestock system (iLP) become economically viable in the Brazilian Savanna? Despite the productive and environmental advantages of the iLP systems and the conditions that make them technically feasible, the evaluation of their economic viability is fundamental for the implementation, consolidation and expansion of this modality of productive arrangement.

The objective of this study is to evaluate under what technical and market conditions an iLP system becomes economically viable or ceases to be. In order to carry out such analysis, the analysis started with a representative (hypothetical) farm located in the Brazilian Savanna biome. The assessment of economic viability was based on the analysis of the Discounted Cash Flow of this farm and considered the 2016 economic and financial indicators as the base scenario. Based on that scenario, the study also evaluated how the economic viability of an iLP project changes from shocks on key variables.

Among the results, it is noteworthy that, although the iLP system has proved to be economically profitable in most of the simulated scenarios, cyclical changes decisively affect the economic viability of the project.

Keywords: Integrated system, farming, livestock, economic viability, sensitivity analysis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. PLANO DE AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO (PLANO ABC) E O SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)	12
3. REVISÃO DA LITERATURA	20
4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	34
5. MODELO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA ILP PARA O CERRADO E CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO BASE	45
5.1. Análise de Viabilidade Econômica da Lavoura no Cenário Base	50
5.2. Análise de Viabilidade Econômica da Pecuária no Cenário Base	60
5.3. Análise de Viabilidade Econômica do Sistema iLPF no Cenário Base	73
6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	74
6.1. Quais variáveis mais afetam o retorno do sistema iLP?	76
6.2. Análise de Sensibilidade das Variáveis Críticas	82
6.3. Análise de Sensibilidade das Variáveis Críticas em Pares	102
6.4. Sistematização dos resultados encontrados	107
7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APÊNDICES	121

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) fazem parte do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também conhecido como Plano ABC. De acordo com MAPA (2012, p.12), este Plano é uma importante parte do compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), assumido pelo Brasil na 15ª Conferência das Partes (COP-21), ocorrida em Copenhague, no ano de 2009. Ou seja, os sistemas iLPF fazem parte de uma importante política pública do país.

O sistema iLPF pode ser definido, de acordo com Balbino, Barcellos e Stone (2011, p. 27), como uma estratégia que visa a produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema. Além disso, para Balbino, Barcellos e Stone (2011, p. 27), o sistema iLPF envolve sistemas produtivos diversificados (produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros), de origem vegetal e animal, realizados para otimizar os ciclos biológicos das plantas e dos animais, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos.

As tecnologias e os arranjos produtivos denominados sistemas de integração proporcionam diversas vantagens, tanto para o produtor e para o agronegócio brasileiro, quanto para o meio ambiente. Entre as vantagens apontadas por Balbino, Barcellos e Stone (2011, p. 34 e 35), merecem destaque (i) o melhor uso dos recursos disponíveis (recursos naturais, máquinas, equipamentos e outros ativos fixos), (ii) os ganhos de produtividade, (iii) a menor emissão de GEE, (iv) a maior conservação do solo, (v) a recuperação de áreas degradadas, entre outros. Em síntese, há grandes vantagens na adoção dos sistemas de integração e já há um conjunto de tecnologias que os tornam tecnicamente viáveis.

Todavia, ser tecnicamente viável não é uma condição suficiente para que uma determinada tecnologia seja amplamente adotada. Para que isso ocorra, além de ser tecnicamente exequível, essa tecnologia tem que ser capaz de proporcionar um retorno financeiro suficiente atrativo para quem for incorporá-la ao longo do seu processo produtivo. Em outras palavras, ser economicamente viável é uma condição necessária para que uma tecnologia seja amplamente adotada.

Entretanto, ser economicamente viável não é um atributo intrínseco de uma tecnologia, mas o resultado de uma combinação entre os impactos que ela gera ao longo do processo produtivo e um conjunto de variáveis que refletem as condições de mercado onde ela está inserida, tanto pelo lado da oferta (preços dos insumos, da mão de obra, do crédito, do frete, etc.), quanto do lado da demanda (preço final do produto, renda disponível e preferências do mercado consumidor, etc.). Logo, a viabilidade econômica de uma tecnologia varia conforme há alterações nos coeficientes técnicos do processo produtivo e nas condições de mercado. Enfim, a viabilidade econômica não é um atributo de uma tecnologia, mas uma situação da conjuntura a qual ela está associada.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo principal avaliar sob quais condições as principais “variantes” dos sistemas de integração permanecem (ou se tornam) economicamente viáveis no bioma Cerrado.

Antes de prosseguir, no entanto, é importante ressaltar que as análises que serão realizadas no decorrer dessa dissertação referem-se a apenas uma modalidade dos sistemas de integração, que é o sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), sendo que a ideia é que esse sistema de integração seria implantado em uma fazenda hipotética, que estaria com degradação de fertilidade, e estaria localizada no bioma Cerrado.

O sistema iLP, também conhecido como agropastoril, segundo Balbino, Barcellos e Stone (2011, p. 28), integra a lavoura e a pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos. Essa tecnologia foi escolhida para ser analisada, pois, de acordo com Cordeiro et al. (2015, p. 20), esse é o sistema de integração mais utilizado atualmente.

Além do objetivo principal, esse trabalho tem quatro objetivos específicos, considerando as simulações que serão realizadas, que são: (i) avaliar quais variáveis que mais afetam o retorno do sistema iLP; (ii) avaliar qual é a probabilidade do sistema iLP ser economicamente viável; (iii) calcular qual é o intervalo de retorno econômico mais frequente obtido pelo sistema iLP simulado; e (iv) mostrar, a partir de qual valor para as variáveis analisadas, o sistema iLP passa a ser economicamente viável.

A partir disso, embora a análise de viabilidade econômica de uma tecnologia ou de um projeto seja uma etapa fundamental para sua implementação, o cálculo dos indicadores de viabilidade não é um processo trivial. Os resultados finais são sensíveis a, pelo menos, três conjuntos de informação: (i) as características de uma propriedade ou de um projeto que podem ser considerados como representativos para a região em análise; (ii) os dados e os coeficientes técnicos associados a esse projeto na região em que está inserido; e (iii) o modelo econômico, com as suas respectivas premissas, para a construção do fluxo de caixa.

Somente a partir dessas informações é possível calcular sob quais condições os sistemas de integração se apresentam economicamente viáveis. Dessa forma, como um primeiro passo para esse estudo, foi realizado um mapeamento da literatura disponível com as informações necessárias sobre os sistemas de integração no bioma Cerrado.

Entretanto, os resultados encontrados não foram satisfatórios devido aos seguintes motivos: (i) foi encontrado um número limitado de trabalhos que avaliam a viabilidade econômica desses projetos no bioma Cerrado; e (ii) entre os poucos trabalhos encontrados, poucos apresentavam de forma clara quais foram as premissas adotadas, os coeficientes técnicos assumidos e as condições de mercado (oferta e demanda) escolhidas de forma a conseguir refazer os cálculos dos indicadores de viabilidade apresentados. Em outras palavras, os trabalhos disponíveis não eram replicáveis.

Como um esforço para superar as limitações apresentadas anteriormente, ampliou-se o mapeamento da literatura disponível incorporando os trabalhos que analisaram a viabilidade econômica dos sistemas de integração em outros biomas. Embora, essa estratégia tenha proporcionado um número bem mais razoável de trabalhos que já tinham avançado sobre o tema, um dos obstáculos anteriores permaneceu: pouco material realmente replicável. Dentre os trabalhos mapeados pela revisão da literatura, merece destaque o Senar (2013).

Os autores de Senar (2013) realizaram um grande esforço para abrir e detalhar as premissas assumidas e as etapas percorridas para o cálculo dos indicadores de viabilidade apresentados para cada variante do sistema de integração avaliada. Os autores disponibilizaram um anexo com diversas planilhas

detalhando os investimentos realizados e dos custos associados a cada tipo de atividade, bem como os respectivos fluxos de caixa. Diante dessas características, Senar (2013) foi escolhido como referência para montar o modelo a ser aplicado no bioma Cerrado.

Nessa direção, realizou-se um esforço para fazer a documentação completa do modelo de Senar (2013), incluindo as variáveis, os conceitos, as premissas e as equações utilizadas. Todavia, é importante ressaltar que, apesar de os esforços apresentados por Senar (2013), algumas lacunas se mantiveram presentes e, por isso, algumas mudanças foram realizadas na metodologia, conforme será apresentado no decorrer do estudo.

Assim, a partir dessa primeira etapa do trabalho de documentar o modelo do Senar (2013) para entender como o sistema iLP foi modelado, foi definido um modelo que será aplicado nas avaliações de viabilidade econômica dos sistemas de integração no bioma Cerrado. Ademais, a planilha com todos os resultados será disponibilizada como de domínio público.

É importante ressaltar, antes de prosseguir, que o bioma Cerrado foi escolhido por conta da importância que essa região tem para a atividade agrícola e pecuária do país, além de que, o modelo desenvolvido pelo Senar (2013) foi baseado no Cerrado, e como esse foi um dos poucos trabalhos encontrados que tinham como objetivo avaliar economicamente os sistemas de integração, foi conveniente manter o Cerrado como o local para que fosse avaliado o sistema iLP.

Dessa forma, a partir da metodologia criada a partir do trabalho do Senar (2013), as premissas serão atualizadas e, assim, serão calculados os indicadores de viabilidade econômica da fazenda representativa. Ou seja, com esse conjunto de informações atualizado, será possível avaliar sob quais condições as diferentes variantes dos sistemas de integração se apresentam como economicamente viáveis. Por fim, serão realizadas as análises de sensibilidade dos resultados, a fim de verificar quanto o retorno econômico do projeto é sensível às determinadas variáveis.

Antecipando um dos resultados alcançados por esse estudo, ficou claro que, após modelar o sistema iLP e avaliar a viabilidade econômica sob diferentes cenários, o iLP é economicamente viável na maioria dos cenários avaliados, embora

alterações conjunturais afetem de forma significativa a viabilidade econômica do projeto, devendo o produtor, portanto, estar atento à essas alterações.

Assim, o presente trabalho está dividido em sete seções, além dessa essa introdução. A segunda seção discorre sobre o chamado Plano ABC, suas principais características e métodos, enquanto que na terceira seção será realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto, com o objetivo de entender o que já foi realizado nessa área, e levantar as informações necessárias para estruturar a modelagem do sistema iLP que será utilizada para as análises realizadas nessa dissertação. Na seção 4, será explicado sucintamente o que é uma análise de viabilidade econômica de um projeto, e como ela será realizada nesse trabalho. Na seção 5, por sua vez, o modelo de viabilidade econômica do sistema iLP do Senar (2013), para o bioma Cerrado (em uma fazenda hipotética), será explicitado, buscando replicar todo o cálculo realizado pelo estudo em questão, além de indicar as premissas adotadas pelo trabalho, os problemas e as dificuldades encontradas na sua replicação. A seção 6 será dedicada à análise de sensibilidade do sistema iLP às principais variáveis, bem como aos principais resultados encontrados. Por fim, na última seção, serão feitas as conclusões e considerações finais.

2. PLANO DE AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO (PLANO ABC) E O SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

2.1. Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC)

De acordo com o BRASIL (2012, p. 12), o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, também denominado de Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), é uma importante parte do compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), assumido pelo Brasil na 15ª Conferência das Partes (COP 15), ocorrida em Copenhague, em 2009.

Segundo o BRASIL (2012, p. 13), o Plano ABC é uma política pública que apresenta o detalhamento das ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário, e aponta de que forma o Brasil pretende cumprir os compromissos assumidos de redução de emissão de GEE neste setor.

A abrangência do Plano ABC, de acordo com BRASIL (2016), é nacional e seu período de vigência é de 2010 a 2020, sendo previstas revisões e atualizações em período regulares não superiores a dois anos, para readequá-lo às demandas da sociedade, às novas tecnologias e incorporar novas ações e metas, caso seja necessário.

De acordo com BRASIL (2012, p. 38), o objetivo geral do Plano ABC é promover a redução das emissões de GEE na agricultura, melhorando a eficiência no uso dos recursos naturais e aumentando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, possibilitando a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas.

Para isso, segundo BRASIL (2012, p. 20), o Plano ABC está estruturado em sete programas, que estão detalhados no Quadro 1:

Programas	Definição	Fonte
a) Recuperação de Pastagens Degradadas	É uma alternativa tecnológica para aumentar a produção animal e minimizar a emissão de GEE. A degradação de pastagens, acarretada, na maioria das vezes, pelo mau uso do pasto, através de técnicas implantadas equivocadamente e exploração de forma extrativista, pode ocasionar a perda de cobertura vegetal e a redução no teor de matéria orgânica e de carbono no solo, emitindo Dióxido de Carbono (CO ₂) e outros GEE para a atmosfera.	BRASIL (2016a, p. 2)
b) Integração Lavoura-Pecuária- Floresta (iLPF)	É uma alternativa tecnológica para aumentar a produtividade agropecuária e minimizar a emissão de GEE. É uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, e na forma de sucessão ou rotação.	BRASIL (2016b, p. 2)
c) Sistema de Plantio Direto (SPD)	É um conjunto de processos tecnológicos preconizados pela Agricultura Conservacionista, que contribui para o aumento da resiliência ou recuperação/reconstituição do solo e resulta na redução da emissão de GEE, mediante ao aumento de teores de matéria orgânica do solo.	BRASIL (2016c, p. 2)
d) Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	É uma alternativa mais sustentável para a substituição do uso do nitrogênio, considerando os custos e os condicionantes ambientais, sendo que, em um processo natural de interação planta-bactéria, a técnica incorpora o nitrogênio disponível no ar ao mecanismo de nutrição das plantas.	BRASIL (2016d, p. 2)
e) Florestas Plantadas	O plantio de florestas para a produção de madeiras, celulose e papel e carvão vegetal, por sua vez, apresenta-se como alternativa tecnológica que viabiliza a geração de renda e o aumento do sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para atenuar os efeitos das mudanças climáticas	BRASIL (2016e, p. 2)
f) Tratamento de Dejetos Animais	A tecnologia utilizada para o tratamento de resíduos e efluentes (resíduos animais líquidos), segundo os autores, consiste na adoção de processo de digestão dos resíduos orgânicos (biodigestão) dos animais estabulados (suínos, bovinos e aves), realizada por colônia mista de microrganismos, em ambiente com ausência de oxigênio, resultado da biodigestão dois produtos básicos: o biogás e o biofertilizante líquido.	BRASIL (2016f, p. 2) e BRASIL (2016g, p. 2)
g) Adaptação às Mudanças Climáticas	A estratégia é investir com mais eficácia na agricultura, promovendo sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição, a organização da produção, a garantia de geração de renda, a pesquisa (recursos genéticos e melhoramento, recursos hídricos, adaptação de sistemas produtivos, identificação de vulnerabilidades e modelagem), dentre outras iniciativas.	BRASIL (2016h)

Quadro 1 – Definição dos programas que compõem o Plano ABC

Fontes: BRASIL (2016a), BRASIL (2016b), BRASIL (2016c), BRASIL (2016d), BRASIL (2016e), BRASIL (2016f), BRASIL (2016g) e BRASIL (2016h).

Esta dissertação tem como foco a avaliação econômica dos sistemas de integração ou o chamado sistema iLPF. De acordo com BRASIL (2016b, p. 2), o sistema iLPF busca efeitos sinérgicos entre os componentes do sistema de produção agropecuário, e tem como grande objetivo a mudança do sistema de uso da terra do convencional para outro mais tecnificado e sustentável, com vistas a atingir níveis mais elevados de produtividade, qualidade do produto, qualidade

ambiental e competitividade. Segundo Balbino, Barcellos e Stone (2011, p. 28), a estratégia do sistema iLPF contempla quatro modalidades de sistemas:

- a) Integração Lavoura-Pecuária (ou Agropastoril): esse sistema integra a lavoura e a pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos;
- b) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ou Agrossilvipastoril): esse sistema integra a lavoura, a pecuária e a floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área;
- c) Integração Pecuária-Floresta (ou Silvipastoril): esse sistema integra a pecuária e a floresta em consórcio; e
- d) Integração Lavoura-Floresta (ou Silviagrícola): esse sistema integra a lavoura e a floresta, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes).

A modalidade dos sistemas iLPF que será analisada nessa dissertação será a Integração Lavoura-Pecuária (iLP).

Financiamento do Plano ABC

De acordo com BRASIL (2016), o Plano ABC conta com uma linha de crédito (Programa ABC), a qual foi aprovada pela Resolução BACEN nº 3.896 de 17 de agosto de 2010.

Conforme o BNDES (2016), as operações do âmbito do Plano ABC são realizadas através de instituições financeiras credenciadas, e os produtores rurais (pessoas físicas e jurídicas) e suas cooperativas podem solicitar o financiamento. Ainda segundo o BNDES (2016), poderá ser financiado o custeio associado ao investimento, limitado até 30% do valor financiado, podendo ser ampliado para:

- a) até 35% do valor financiado, quando destinado à implantação e manutenção de florestas comerciais ou recomposição de áreas de preservação permanente ou de reserva legal; e
- b) até 40% do valor financiado, quando o projeto incluir a aquisição de bovinos, ovinos e caprinos para reprodução, recria e terminação, e sêmen dessas espécies.

Segundo o BNDES (2016), é financiado até 100% do valor dos investimentos financiáveis, observado o limite de até R\$ 2,2 milhões por cliente, por ano-safra. Nos financiamentos para implantação de florestas comerciais, o limite pode ser elevado para R\$ 3 milhões para produtores rurais com até 15 módulos fiscais, e para R\$ 5 milhões, para produtores rurais com mais de 15 módulos fiscais. No caso de financiamentos a cooperativas para repasse a cooperado, o limite se refere a cada cooperado beneficiado pelo financiamento.

Além disso, de acordo com BNDES (2016), admite-se a concessão de mais de um financiamento para o mesmo cliente, por ano-safra, quando a atividade assistida requerer e ficar comprovada a capacidade de pagamento do cliente.

Em relação à taxa de juros, para os produtores que se enquadrem como beneficiários do Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp¹) a taxa é de 8% ao ano, para os demais casos a taxa é de 8,5% ao ano, segundo o BNDES (2016). Por fim, segundo BRASIL (2016), o prazo total para pagamento do financiamento dependerá do projeto financiado, sendo que, para implantação de sistemas iLPF, o prazo é de até 8 anos, estendendo-se até 12 anos quando o componente florestal estiver presente, incluindo até 3 anos de carência.

2.2. O que é o sistema lavoura-pecuária-floresta?

Para Machado, Balbino e Ceccon (2011, p. 11), o sistema iLPF pode ser definido como uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas em uma mesma área, seja em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação².

Dessa forma, segundo Machado, Balbino e Ceccon (2011, p. 11), o sistema iLPF abrange sistemas produtivos diversificados para a produção de alimentos, fibras, energia, produtos madeireiros e não madeireiros, que seja de

¹ Pronamp: de acordo com o BNDES (2016), é um programa de crédito que possui o objetivo de promover o desenvolvimento das atividades dos médios produtores rurais, proporcionando o aumento da renda e da geração de empregos no campo. (http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/pronamp.html).

² Segundo Cordeiro et al. (2015, p. 24), a sucessão de cultivos ocorre quando diferentes espécies vegetais são semeadas, uma após a colheita da outra, dentro do mesmo ano agrícola. Já a rotação ocorre quando há alternância de espécies vegetais, ocupando o mesmo espaço físico e período do ano, dentro de princípios técnicos, visando principalmente sanar problemas fitossanitários.

origem vegetal ou animal, de forma a otimizar os ciclos biológicos das plantas e dos animais, bem como dos insumos e seus respectivos resíduos.

De acordo com Cordeiro et al. (2015, p. 19), a integração lavoura-pecuária-floresta pode ser adotada por meio de diferentes sistemas de integração, como, por exemplo a integração lavoura-pecuária (iLP) ou sistema agropastoril; a integração pecuária-floresta (iPF) ou sistema silvipastoril; a integração lavoura-floresta (iLF) ou sistema silviagrícola; e a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) ou sistema agrossilvipastoril.

Ainda segundo a Cordeiro et al. (2015, p. 19), esses sistemas têm o objetivo de intensificar o uso da terra, e fundamenta-se na integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, para atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade.

Para a Cordeiro et al. (2015, p. 19), a intensificação da produção, observada em sistemas de iLPF, acarreta diversos benefícios ao produtor e ao meio ambiente, conforme segue:

- a) melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo;
- b) aumenta a ciclagem e a eficiência na utilização dos nutrientes;
- c) reduz ou amortiza os custos de produção das atividades agrícola, pecuária e florestal ao longo do tempo;
- d) diminui a ociosidade do uso das áreas agrícolas;
- e) diversifica a produção e estabiliza a renda na propriedade rural;
- f) viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas;
- g) mitiga emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- h) aumenta o sequestro de carbono; o bem-estar e a produtividade animal, além de outros diversos benefícios.

Assim, segundo a Cordeiro et al. (2015, p. 30), os sistemas iLPF são classificados como sistemas de produção sustentáveis. De acordo com os autores, isso ocorre pelo fato de serem uma alternativa para conciliar a produção de alimentos, fibras e energia, aliando a viabilidade econômica com sustentabilidade ambiental.

Dessa forma, para a Cordeiro et al. (2015, p. 30), a demanda crescente por alimentos, bioenergia e produtos florestais, em contraposição à necessidade de redução do desmatamento e mitigação da emissão de GEE, requer soluções que

permitam incentivar o desenvolvimento socioeconômico, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos naturais. Assim, de acordo com Cordeiro et al. (2015, p. 31), a intensificação do uso da terra em áreas agrícolas e pastoris e o aumento da eficiência dos sistemas de produção podem contribuir para harmonizar esses interesses.

Além disso, para a Cordeiro et al. (2015, p. 31), a integração é uma forma de produzir a mesma quantidade de produto, ou até aumentar a produção, sem a necessidade de incorporar novas áreas ao processo produtivo, características que tem sido denominada, segundo os autores, de “efeito poupa-terra”.

Por fim, ainda de acordo com Cordeiro et al. (2015, p. 20), os sistemas de iLPF podem ser adotados por produtores rurais, independentemente da dimensão do estabelecimento agropecuário, mas devem ser adequadamente planejados, levando-se em conta os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção.

Apesar de tantos benefícios que o sistema iLPF acarreta ao produtor e ao meio ambiente, conforme mostrou a Cordeiro et al. (2015, p. 19) , para que essa tecnologia seja, de fato, implementada nas fazendas, é necessário que ela seja economicamente viável.

Antes de prosseguir, no entanto, é importante ressaltar novamente que essa dissertação tem como propósito analisar apenas uma das modalidades do sistema iLPF, que é o sistema iLP, já que este é o sistema integração mais utilizado, de acordo com Cordeiro et al. (2015, p. 20).

De acordo com Alvarenga e Noce (2005, p. 7), o sistema iLP pode ser definido como a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural, de forma harmônica, constituindo um mesmo sistema, de tal maneira que haja benefícios para ambas. Além disso, segundo o autor, o sistema iLP possibilita, sendo essa uma das principais vantagens, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, pelo menos, na maior parte dele, favorecendo o aumento da oferta de grãos, de fibras, de carne, de leite e de agroenergia a custos mais baixos, devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pecuária.

Segundo Alvarenga e Noce (2005, p. 7), os principais objetivos da iLP são:

- a) recuperação ou reforma de pastagens degradadas: segundo o autor, nesse sistema, as lavouras são utilizadas com vistas que a produção de grãos pague, pelo menos em parte, os custos da recuperação ou da reforma de pastagens. Ainda segundo Alvarenga e Noce (2005, p. 7), na área de pastagem degradada, cultivam-se grãos por um ou mais anos e, depois, volta-se com a pastagem, que vai aproveitar os nutrientes residuais das lavouras na produção de forragem. No entanto, o autor ressalta que para evitar outro ciclo de degradação, é necessário elaborar um cronograma de adubação da pastagem recém-implantada.
- b) melhorar as condições físicas e biológicas do solo com a pastagem na área de lavoura: de acordo com Alvarenga e Noce (2005, p. 8), as pastagens deixam quantidade apreciáveis de palha sobre o solo e de raízes no perfil do solo, o que tende aumentar a matéria orgânica, o que é fundamental na melhoria da estrutura física do solo.
- c) produzir pasto, forragem conservada e grãos para alimentação animal na estação seca: segundo Alvarenga e Noce (2005, p. 9), além da produção de silagem e de grãos, a iLP possibilita que a pastagem produzida no consórcio seja utilizada durante a estação seca. Assim, de acordo com os autores, a correção do perfil do solo proporciona melhor desenvolvimento do sistema radicular da forrageira, que, assim, aprofunda-se no perfil e absorve água a maiores profundidades, conferindo ao pasto uma maior resistência durante a seca.
- d) diminuir a dependência por insumos externos: de acordo com Alvarenga e Noce (2005, p. 9), a pastagem recuperada ou reformada passa a contribuir em maior proporção na dieta dos animais e os grãos produzidos são usados na produção da própria ração, diminuindo, assim, a necessidade de aquisição no mercado.
- e) reduzir custos, tanto na atividade agrícola quanto na pecuária: segundo Alvarenga e Noce (2005, p. 10), como há ganhos em produtividade tanto das lavouras quanto das pastagens, menor

demanda por defensivos agrícolas e melhor aproveitamento da mão de obra, dentre outros fatores, os custos de produção são reduzidos.

Dadas as vantagens da adoção dos sistemas integrados, é necessário avaliar sob quais condições esses arranjos produtivos são economicamente viáveis. Na próxima seção será apresentado um conjunto de trabalhos que buscaram fazer justamente essa análise de viabilidade econômica

3. REVISÃO DA LITERATURA

Na seção anterior, foram discutidas quais são as principais tecnologias do Plano ABC, considerando suas principais características e métodos. Agora, nessa seção, será apresentada a literatura revisada para fazer a modelagem do sistema iLP, identificando os modelos já utilizados em outros estudos, os quais buscaram avaliar a viabilidade econômica de sistemas de integração, mesmo que em áreas distintas do Bioma Cerrado. Assim, o primeiro passo para realizar a viabilidade econômica desse sistema é justamente identificar como a literatura disponível modelou tanto a lavoura quanto a pecuária em um sistema de integração.

O Quadro 2 apresenta todos os trabalhos da literatura disponível que foram revisados, lembrando que, com exceção do trabalho realizado por Machado, Balbino e Ceccon (2011), todos os trabalhos tiveram como objetivo avaliar economicamente algum sistema de integração ou alguma atividade (agricultura ou pecuária) e apresentaram para isso uma metodologia e um escopo de análise e, chegaram, a diversas conclusões.

O trabalho de Bedoya et al. (2012, p. 6) teve como objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira do sistema iLPF e da intensificação de pasto, possibilitando conhecer os ganhos e gargalos que essa integração proporciona ao setor produtivo.

No estudo de Bedoya et al. (2012, p. 6), foram analisadas as diferentes formas na implantação desses tipos de sistemas na atividade pecuária, assim como seu manejo, disposição na área, benefícios produtivos com essa integração e como seria a sua sustentabilidade produtiva tanto na pecuária, na agricultura e na floresta. A partir disso, foram levantados os dados técnicos resultantes dessa intensificação e analisados os resultados econômicos e financeiros dos investimentos realizados em cada um dos cenários elaborados.

Autor	Objetivo	Metodologia	Escopo	Conclusões
Bedoya et al. (2012)	Analisar a viabilidade econômico-financeira da integração lavoura-pecuária-floresta e intensificação de pasto, possibilitando conhecer os ganhos e gargalos que essa integração proporciona ao setor produtivo	O sistema de produção pecuária de foi comparado com outros três sistemas de produção, sendo: a intensificação da pecuária atual, o sistema de produção lavoura (soja e milho safrinha)-pecuária e, por fim, a combinação lavoura (soja e milho safrinha)-pecuária-floresta. O Fluxo de caixa foi realizado para um período de 22 anos.	Parte de duas propriedades representativas, sendo uma no sistema de produção pecuária do tipo recria e engorda, na região de Nova Andradina/MS, e a segunda, com sistema de produção de cria, na região do Rio Verde/GO.	A intensificação nas atividades propostas pelo programa ABC tiveram resultados satisfatórios no sistema de Recria em Nova Andradina, principalmente. Além disso, o rol de tecnologias de ILP e ILPF na região de Rio Verde, se mostrou melhor financeiramente que o cenário inicial considerado.
Coimbra, Perina e Fausto (2015)	Avaliar a conversão do sistema essencialmente agrícola para o sistema integrado de agricultura-pecuária-floresta	Os autores compararam dois cenários distintos: agricultura com uso de recursos próprios e sistema integrado com uso do financiamento do Programa de Agricultura de Baixo Carbono (Programa ABC). Foi utilizado o método do Fluxo de Caixa, para o período de 12 anos.	Propriedade rural localizada em Goioerê, no Estado do Paraná.	A atividade de integração lavoura-pecuária proporcionou retornos econômicos superiores às taxas aplicadas aos investimentos mais conservadores do mercado financeiro, como a caderneta de poupança e, ainda, benefícios ambientais obtidos são observados desde o primeiro ano de implantação do projeto.
GVces (2016)	Apresentar uma análise econômica de custo-benefício e de ganhos ambientais decorrentes da implementação do Plano ABC no Brasil até 2020	A pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, que levantou dados sobre custos de implementação das técnicas; entrevistas com especialistas e organizações do Brasil dos setores agropecuários e de silvicultura; reflexões com membros dos Grupos de Trabalho; e reflexões internas das equipe GVces. Além de Fluxo de caixa projetado para o período de 2015 a 2030	O escopo desse estudo considerou a relação custo benefício da recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas e da implantação de 9 milhões de hectares em sistemas integrados de produção, em razão das metas assumidas pelo Plano ABC e pela INDC brasileira. O estudo visa ter uma abrangência nacional, porém a distribuição espacial das pastagens a serem recuperadas e implantadas e os sistemas integrados concentraram-se no bioma Cerrado.	O valor presente dos fluxos de caixa projetados aponta para uma probabilidade de 95% de que o valor presente esteja na faixa entre R\$ 150 milhões negativos e R\$ 4 bilhões positivos. Além disso, a estimativa resultou que com 95% de probabilidade a TIR estaria entre 10% e 13%. No entanto, os autores afirmam que esses resultados, apesar de serem positivos (chance de ter VPL positivo e a TIR estar acima de 10%), eles são altamente dependentes das premissas assumidas, sendo que, se as premissas mudarem, os resultados também mudam.
IIS (2015)	Avaliar o impacto da intensificação da pecuária do ponto de vista financeiro, mensurando seus riscos e o papel do crédito para a alavancagem das boas práticas, entre outras implicações advindas da intensificação da pecuária	1. Modelo bioeconômico para realizar uma análise onde se reconheça a relação entre a utilização dos recursos naturais, investimentos e resultados econômicos. 2. Revisão Bibliográfica.	O modelo desenvolvido é aplicado ao ciclo completo (cria, recria, engorda) da atividade. O modelo foi parametrizado a partir de dados coletados em campo de oito produtores da microrregião de Alta Floresta, no Mato Grosso.	Os resultados do modelo mostraram que a intensificação aumenta o Valor Presente Líquido em até R\$ 1.940 por hectare, e reduzem substancialmente o risco de prejuízo de 99% para 15%. Entre os impactos positivos sobre os recursos naturais está a possibilidade de aumentar de produção e renda sem a necessidade de novos desmatamentos.
Machado, Balbino e Ceccon (2011)	Abordar os sistemas de integração Lavoura-Pecuária.	Não apresenta uma metodologia de avaliação da viabilidade econômica de um sistema integrado lavoura-pecuária.	-	As principais vantagens para o ambiente são as melhorias ao solo e ao uso da água. A intensificação da produção permite aumento em produtividade e rentabilidade e, com a diversificação, maior estabilidade de renda aos produtores.
Magnabosco et al. (2009)	Analisar a viabilidade econômico-financeira da integração lavoura e pecuária, utilizando o sistema Santa Fé como técnica de implantação de pastagens.	Modelo baseado na metodologia System Dynamics para a análise econômica e o risco do projeto integração lavoura-pecuária, levando em conta a aleatoriedade das variáveis de maior volatilidade. O modelo foi elaborado no horizonte de planejamento de 1.186 dias, de acordo com o diagrama de Gantt	Dados do projeto integração lavoura e pecuária, oriundo da rotação de culturas anuais e pecuária em uma área de 90 hectares da Embrapa Arroz e Feijão (Fazenda Capivara), localizada no município Santo Antônio de Goiás, GO.	A ILP é técnica e economicamente viável, com VPL, RBC e TIR favoráveis, e apresenta baixos níveis de risco para investidores do agronegócio na região do Cerrado.

Autor	Objetivo	Metodologia	Escopo	Conclusões
Martha Júnior, Alves e Contini (2011)	Explorar a perspectiva econômica do sistema de integração lavoura-pecuária	Modelo proposto é baseado no custo de produção.	O modelo parte de duas atividades (A e B), sendo a pergunta relevante que se quer responder é a seguinte: qual o desempenho econômico que a atividade B tem de ter para competir com a atividade A?	Nos cenários testados, a integração lavoura-pecuária (ILP) compete com sistemas especializados de pecuária, mas não apresenta taxas de retorno competitivas em comparação a sistemas especializados de soja.
Muniz et al. (2007)	Desenvolver uma ferramenta de modelagem e simulação para análise econômica da Integração Lavoura e Pecuária.	Modelo baseado na metodologia System Dynamics	Projeto de Integração Lavoura e Pecuária, desenvolvido pela Embrapa em Santo Antônio de Goiás (GO), utilizando o Sistema Santa Fé como técnica de implantação de pastagens.	O valor presente líquido (VPL) e relação benefício-custo (RBC) foram favoráveis em todos os cenários. As taxas internas de retorno (TIR) avaliadas foram maiores ou igual ao custo de oportunidade do capital próprio, mostrando a atratividade do projeto.
Senar (2013)	Avaliar a viabilidade econômica de seis tecnologias inseridas no Plano Nacional para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC)	Fluxo de caixa de 20 anos, analisado através do método de Fluxo de Caixa Descontado (FCD)	Fazenda hipotética do bioma Cerrado, com dados secundários.	Os iLPs em 3 áreas apresentaram VPLs negativos e TIR abaixo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Os iLPs 4 áreas demonstraram viabilidade econômica, com TIR maior que a TMA e VPL positivos. Os iLPFs apresentaram viabilidade econômica, com tempo de retorno de 10 anos. A viabilidade observada nesses projetos, segundo os autores, deve-se, principalmente, à alta rentabilidade do componente florestal.
Senar et al. (2014)	Propuseram o desenvolvimento e o acompanhamento de unidades de referência tecnológica e econômica (URTE), com o objetivo de identificar a viabilidade técnica e econômica das propriedades de iLPF, além de transferir as tecnologias e a gestão financeira aplicada para os produtores.	Estabelecimento de um procedimento de coleta e avaliação e informações econômicas de sistemas iLPF e com o objetivo de identificar os resultados financeiros proporcionados por esses sistemas, formando, assim, um benchmark para que outros produtores do Estado possam estudar os resultados obtidos.	Sistemas integrados de produção, situados no Estado do Mato Grosso.	Os resultados preliminares alcançados indicam que os sistemas integrados apresentam grande potencial uma vez que, em algumas situações, seus resultados econômicos por unidade de área (hectare) foram melhores do que os observados para as atividades exclusivas já consolidadas
Silva et al. (2012)	Avaliar a rentabilidade do sistema de integração lavoura-pecuária, em comparação ao cultivo de cereais de inverno e de plantas de cobertura para o plantio direto de soja e milho no verão	Os dados obtidos para o sistema de integração lavoura-pecuária foram comparados aos de um sistema agrícola tradicional, com os cultivos de trigo e aveia-preta no inverno, e de soja e milho no verão. As pastagens foram conduzidas de forma integrada à produção agrícola. Foi utilizado o fluxo de receitas líquidas das atividades avaliadas e fluxo de caixas incrementais.	Os dados experimentais foram obtidos de um trabalho publicado sobre sistemas de integração lavoura-pecuária, conduzido em 100 hectares, na unidade de produção de novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda, no município de Castro, no Paraná.	Os tratamentos utilizados no sistema de ILP não alteraram o rendimento de grãos de soja, mas a ILP aumentou o rendimento de milho em comparação ao sistema convencional simulado
Wander et al. (2010)	Avaliar a viabilidade econômica e o risco da integração lavoura-pastagem na ótica do agricultor, que é proprietário da área e do pivô central	Os resultados alcançados foram representados pelo Lucro Líquido, Relação Benefício/Custo e Margem de Lucro. Foi realizada uma análise de sensibilidade, variando os preços dos produtos (receita) e dos insumos para avaliar a vulnerabilidade da viabilidade real encontrada.	Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás. O período de acompanhamento considerado no estudo foi de 36 meses	A integração lavoura-pastagem em áreas irrigadas, combinando pastagem durante o verão, com produção de grãos durante o inverno, foi economicamente viável. O lucro líquido por hectare foi maior em rotações que incluíram apenas milho e feijão. Já a relação benefício/custo e a margem de lucro foram melhores na combinação de pastagem durante o verão e feijão irrigado durante o inverno. O menor risco foi observado na combinação de braquiária no verão e feijão irrigado no inverno.

Quadro 2 – Trabalhos analisados para a revisão da literatura.
Fontes: Elaboração do autor.

A pesquisa de Bedoya et al. (2012, p. 6) parte de duas propriedades representativas, sendo uma no sistema de produção pecuária do tipo recria e engorda, na região de Nova Andradina/MS, e a segunda, com sistema de produção de cria, na região do Rio Verde/GO. De acordo com os autores, essas regiões

foram escolhidas, pois se tratam de duas regiões que possibilitam a introdução de lavoura e floresta no sistema de produção da propriedade representativa em análise, além de que, os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul possuem, respectivamente, o terceiro e quarto maior rebanho bovino no território nacional.

No estudo de Bedoya et al. (2012, p. 7), o sistema de produção pecuária de Nova Andradina foi comparado com outros três sistemas de produção, sendo: a intensificação da pecuária atual, o sistema de produção lavoura (soja e milho safrinha)-pecuária e, por fim, a combinação lavoura (soja e milho safrinha)-pecuária-floresta. A propriedade de Rio Verde apresenta, segundo Bedoya et al. (2012, p. 17), o mesmo sistema de produção de Nova Andradina, e foi comparado com os mesmos sistemas de produção. Os efeitos dos investimentos dos três modelos de sistemas de produção propostos pelo estudo de Bedoya et al. (2012, p. 28) foram avaliados através da TIR, do VPL, do Payback. O Fluxo de caixa foi realizado para um período de 22 anos.

Dentre os resultados encontrados por Bedoya et al. (2012, p. 40), tem-se que o sistema iLP foi o único que mostrou um resultado positivo (tanto em termos de VPL como em termos de TIR), sendo que a atividade que apresentou o pior resultado foi a atividade de intensificação de pasto.

Além do estudo realizado por Bedoya et al. (2012), o trabalho do Senar et al. (2014) também se propôs analisar economicamente o sistema iLPF. O projeto de Senar et al. (2014, p. 5 e 6) propôs o desenvolvimento e o acompanhamento de unidades de referência tecnológica e econômica (URTE), com o objetivo de identificar a viabilidade técnica e econômica das propriedades de iLPF do Estado do Mato Grosso, além de transferir as tecnologias e a gestão financeira aplicada para os produtores do Estado.

Para justificar o projeto, Senar et al. (2014, p. 6), diz que, apesar da literatura apontar os diversos benefícios dos sistemas iLPF (tais como o aumento da eficiência produtiva, incremento em conservação e qualidade do solo e o aumento e a diversificação da renda para o produtor), pouco se tem pesquisado sobre os impactos econômicos dos sistemas iLPF. Assim, de acordo com Senar et al. (2014, p. 6), a literatura apresenta resultados fragmentados, focados apenas na análise de custo de produção, sem ter embasamento estatístico elaborado, ou apenas relatos práticos de resultados de fazendas comerciais, sendo que, segundo os autores,

somente se analisam as consequências e não se avaliam as causas dos resultados observados.

A partir disso, o trabalho do Senar et al. (2014, p. 6) tem como objeto de estudo os sistemas integrados de produção, situados no Estado do Mato Grosso, tendo como foco o estabelecimento de um procedimento de coleta e avaliação e informações econômicas de sistemas iLPF e com o objetivo de identificar os resultados financeiros proporcionados por esses sistemas, formando, assim, um *benchmark* para que outros produtores do Estado possam estudar os resultados obtidos.

Para isso, o projeto do Senar et al. (2014, p. 7) se propõe a desenvolver uma metodologia de levantamento e processamento de dados a ser implementado em algumas Unidades de Referência Tecnológica (URTs), incluindo a sistematização dos dados econômicos, transformando-as em URTEs. O projeto deve ser de longo prazo, de no mínimo 5 anos. Para o projeto do Senar et al. (2014, p. 7 e 16), um conjunto de nove propriedades foi escolhido para fazerem parte desse projeto, além de que, uma planilha eletrônica³ foi desenvolvida com o objetivo de padronizar e facilitar a coleta e o cálculo do custo de produção desses sistemas.

Segundo o Senar et al. (2014, p. 107), os resultados preliminares alcançados indicam que os sistemas integrados apresentam grande potencial uma vez que, em algumas situações, seus resultados econômicos por unidade de área (hectare) foram melhores do que os observados para as atividades exclusivas já consolidadas. No entanto, os autores deixam claro que esse projeto terá outras fases, e que essa primeira fase apresentou como preocupação o estabelecimento de uma rotina de avaliação assim como a identificação das informações necessárias para a avaliação econômica de sistemas integrados. Além disso, o Senar et al. (2014, p. 107) diz que, devido a falta de informações disponíveis, vários aspectos relacionados à sinergia entre os componentes do sistema ainda não foram avaliados, sendo que esses aspectos ficarão para as próximas etapas.

Além do estudo elaborado por Senar et al. (2014), foi encontrado o trabalho do Senar (2013, p. 5), que teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de seis tecnologias inseridas no Plano Nacional para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), no bioma Cerrado. As tecnologias

³ A planilha "Instrumento de Avaliação Econômica iLPF" encontra-se no site do IMEA (<http://www.imea.com.br/site/projetos.php>).

avaliadas foram: (i) Recuperação de pastagens degradadas; (ii) Integração lavoura-pecuária-floresta; (iii) Sistema de plantio direto; (iv) Fixação biológica de nitrogênio; (v) Plantio de florestas comerciais; e (vi) Tratamento de dejetos animais.

As projeções do trabalho do Senar (2013, p. 7) contemplaram um fluxo de caixa de 20 anos e para cada uma das tecnologias foi calculado o VPL, a TIR e o Payback. O estudo elaborado pelo Senar (2013), assim como será feito nessa dissertação, considerou uma fazenda hipotética, que estaria localizada no bioma Cerrado. O estudo do Senar (2013, p. 37 a 39) trouxe alguns resultados relevantes:

- Os projetos de Agricultura Convencional e de Pecuária Convencional mostraram-se economicamente inviáveis;
- A Floresta Convencional apresentou atrativamente econômica, sendo o segundo maior VPL dentre todas as projeções;
- Dentre todas as projeções, as florestas solteiras (Floresta Convencional e Floresta Cultivo Mínimo) são as que apresentam melhor tempo de retorno (7 anos);
- Os iLPs em 3 áreas apresentaram VPLs negativos e TIR abaixo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA);
- Os iLPs 4 áreas demonstraram viabilidade econômica, com TIR maior que a TMA e VPL positivos;
- Os iLPFs apresentaram viabilidade econômica, com tempo de retorno de 10 anos. A viabilidade observada nesses projetos, segundo os autores, deve-se, principalmente, à alta rentabilidade do componente florestal.

O trabalho de Martha Júnior, Alves e Contini (2011, p. 1117), por sua vez, tem como objetivo explorar a perspectiva econômica do sistema de integração lavoura-pecuária, sendo que o modelo proposto é baseado no custo de produção. Dessa forma, o modelo parte de duas atividades (A e B), sendo a pergunta relevante que se quer responder é a seguinte: qual o desempenho econômico que a atividade B tem de ter para competir com a atividade A?

Os resultados do modelo desenvolvido por Martha Júnior, Alves e Contini (2011, p. 1121) foram apresentados pela Receita Líquida e Taxas de Retorno do empreendedor. Os autores Martha Júnior, Alves e Contini (2011, p. 1123) concluíram que, através dos cenários testados, os sistema iLP compete com

sistemas especializados de pecuária, mas não apresentam taxas de retorno competitivas em comparação a sistemas especializados de soja. Além disso, Martha Júnior, Alves e Contini (2011, p. 1123) concluem que os retornos econômicos dos sistemas de integração dependem da elevada produtividade das lavouras e da pecuária.

Além disso, Martha Júnior, Alves e Contini (2011, p. 1124) evidenciam que a alta demanda por capital, devido, principalmente à necessidade de aquisição de animais, explica as menores taxas de retorno do iLP e, segundo os autores, essa característica dos sistemas iLP é vista como uma das principais restrições para a ampla adoção desses sistemas mistos.

Já o objetivo do trabalho de Muniz et al. (2007, p. 2) foi o de desenvolver um modelo baseado na metodologia System Dynamics para análise econômica do sistema iLP, desenvolvido pela Embrapa em Santo Antônio de Goiás (GO), utilizando o Sistema Santa Fé como técnica de implantação de pastagens.

Segundo Muniz et al. (2007, p. 7), o modelo desenvolvido no trabalho foi baseado em dados do Projeto Integração Lavoura e Pecuária, oriundo da rotação de culturas anuais e pecuária em uma área de 90 hectares da Fazenda Capivara (Embrapa Arroz e Feijão), localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO.

Assim, de acordo com os autores, foi utilizada a técnica Sistema Santa Fé para estabelecimento de pastagem consorciada com a cultura do milho logo após a sucessiva rotação de 2,5 anos com lavoura, sendo essa área utilizada nos 3,5 anos seguintes com pastagem. Os indicadores de resultados calculados por Muniz et al. (2007, p. 4) foram o VPL, a TIR e a Relação Benefício-Custo (RBC).

De acordo com Muniz et al. (2007, p.18), todos os cenários considerados na avaliação do sistema iLP foram considerados economicamente viáveis, demonstrando que essa técnica, de acordo com os autores, é uma opção viável para os investidores do agronegócio do Cerrado.

O estudo de Coimbra, Perina e Fausto (2015, p. 66), por sua vez, teve como objetivo avaliar a conversão do sistema essencialmente agrícola para o sistema iLP em uma propriedade rural localizada em Goioerê, no Estado do Paraná. Para isso, os autores compararam dois cenários distintos: agricultura com uso de recursos próprios e sistema integrado com uso do financiamento do Plano ABC.

Para o estudo de Coimbra, Perina e Fausto (2015, p. 68), foi utilizado o método do Fluxo de Caixa, para um período de 12 anos. Além disso, Coimbra, Perina e Fausto (2015, p. 68) elaboraram um plano de uso do solo de forma a planejar as rotações de culturas e pastagens dentro da fazenda para organizar a distribuição e implantação das atividades na propriedade. Assim, a partir da organização do uso do solo, foi planejada a rotação das culturas para quatro anos, de maneira que, no quinto ano, volte a ter a rotação do primeiro ano, reiniciando o esquema proposto. Os indicadores de verificação da viabilidade econômica no estudo de Coimbra, Perina e Fausto (2015, p. 68) foram o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Para ter uma base de comparação, Coimbra, Perina e Fausto (2015, p.73), buscaram avaliar economicamente, em um primeiro momento, o sistema de produção agrícola anterior à instalação do projeto iLP. A partir disso, os autores encontraram que a agricultura convencional alcançaria uma TIR de 9,5%, sendo que os autores concluíram que a agricultura se mostrou economicamente viável.

Em relação à implementação do sistema iLP, Coimbra, Perina e Fausto (2015, p.77) encontraram uma TIR de 12,2%, portanto, superior à TIR obtida pela agricultura convencional. A conclusão dos autores é que o sistema iLP é economicamente viável, sendo que os retornos econômicos são superiores às taxas aplicadas aos investimentos mais conservadores do mercado financeiro, tais como a caderneta de poupança, bem como é superior à TIR obtida pelo sistema agrícola convencional.

O objetivo do trabalho de Magnabosco et al. (2009, p. 9) foi o de analisar a viabilidade econômico-financeira do sistema iLP, utilizando o sistema Santa Fé como técnica de implantação de pastagens. O Sistema Santa Fé, de acordo com os autores, consiste em produzir culturas anuais consorciadas com plantas forrageiras, de forma a minimizar a competição precoce dessas, evitando a redução do rendimento das culturas anuais e proporcionando uma produção forrageira de alta qualidade para entressafra.

O estudo de Magnabosco et al. (2009, p. 9) desenvolve um modelo baseado na metodologia System Dynamics para a análise econômica e o risco do projeto integração lavoura-pecuária, levando em conta a aleatoriedade das variáveis de maior volatilidade.

O modelo desenvolvido por Magnabosco et al. (2009, p. 9) foi baseado em dados do projeto integração lavoura e pecuária, oriundo da rotação de culturas anuais e pecuária em uma área de 90 hectares da Embrapa Arroz e Feijão (Fazenda Capivara), localizada no município Santo Antônio de Goiás, GO. Além disso, o modelo foi elaborado no horizonte de planejamento de 1.186 dias, de acordo com o diagrama de Gantt.

Os indicadores econômicos utilizados por Magnabosco et al. (2009, p. 15) foram o VPL e relação benefício custo (RBC), que foram obtidos por meio do Demonstrativo de Resultado do Exercício (DRE). Além disso, foi também calculada a TIR. De acordo com os autores, as análises estocásticas da viabilidade econômica foram obtidas após serem geradas uma amostragem, para cada cenário avaliado, de 500 valores (VPLs), utilizando a função Monte Carlo.

De acordo com Magnabosco et al. (2009, p. 31), o sistema iLP, considerando os cenários analisados, é economicamente viável, com VPL, RBC e TIR favoráveis, além disso, de acordo com os autores, o sistema iLP apresenta baixos níveis de risco para os investidores do agronegócio na região do Cerrado.

Já o estudo de Silva et al. (2012, p. 746) teve como objetivo avaliar a rentabilidade do sistema iLP, em comparação ao cultivo de cereais de inverno e de plantas de cobertura para o plantio direto de soja e milho no verão. Os dados experimentais utilizados nesse estudo foram obtidos de um trabalho publicado sobre sistemas de integração lavoura-pecuária, conduzido em 17 hectares, na unidade de produção de novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda, no município de Castro, no Estado do Paraná. Os dados são dos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 (SILVA et al, 2012, p. 746).

De acordo com os autores, no sistema iLP, foram avaliados quatro tratamentos, que consistiram de combinações de pastagens puras ou diversificadas e categorias de animais leves ou pesados, com pastejo no inverno e com produção de grãos de milho e soja no verão (SILVA et al, 2012, p. 746). Assim, os dados obtidos para o sistema iLP foram comparados aos de um sistema agrícola tradicional, com os cultivos de trigo e aveia-preta no inverno, e de soja e milho no verão. As pastagens foram conduzidas de forma integrada à produção agrícola. Para o cálculo da viabilidade econômica a longo prazo, Silva et al. (2012, p. 748) utilizou o

fluxo de receitas líquidas das atividades avaliadas com a determinação do VPL e da TIR.

Além disso, a análise de viabilidade de implementação do sistema iLP foi realizada por meio da elaboração de fluxos de caixa incrementais, ou seja, fluxos de caixa referentes ao projeto, que foram obtidos pela diferença entre os saldos dos fluxos de caixa dos sistemas propostos (iLP) e o saldo do fluxo de caixa do empreendimento sem o projeto (sistema agrícola) (SILVA et al, 2012, p. 748).

De acordo com Silva et al. (2012, p. 752), os tratamentos compostos por pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados e por pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados do sistema iLP apresentaram os melhores resultados econômicos. Por outro lado, de acordo com os autores, o sistema iLP com a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e culturas de cobertura de solo, é a alternativa mais rentável aos produtores.

O objetivo do estudo de Wander et al. (2010, p. 35) é avaliar a viabilidade econômica e o risco do sistema iLP em áreas irrigadas no Estado de Goiás na ótica do agricultor, que é proprietário da área e do pivô central. De acordo com os autores, o estudo se justifica porque, na região estudada, o aluguel de pasto é uma prática comum adotada por muitos agricultores, pela dificuldade em manter animais próprios em sistema de rotação completo (em geral, 2 a 4 anos).

De acordo com Wander et al. (2010, p. 35), o trabalho foi conduzido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, Estado de Goiás. Segundo os autores, o período de acompanhamento considerado no estudo foi de 36 meses. Além disso, de acordo com Wander et al. (2010, p. 36), um pivô central foi dividido em quatro quadrantes de 6 hectares cada um:

- a) quadrante 1: pastagem o ano todo, sem uso de irrigação;
- b) quadrante 2: branquiária no verão e feijão irrigado no inverno;
- c) quadrante 3: milho em consórcio com branquiária (sistema santa fé) no verão e feijão irrigado no inverno; e
- d) quadrante 4: milho no verão e feijão irrigado no inverno.

Os resultados alcançados por Wander et al. (2010, p. 37) foram representados pelo Lucro Líquido, Relação Benefício/Custo e Margem de Lucro. Além disso, para a análise de risco do estudo de Wander et al. (2010, p. 36), foi

realizada uma análise de sensibilidade, variando os preços dos produtos (receita) e dos insumos para avaliar a vulnerabilidade da viabilidade real encontrada.

De acordo com Wander et al. (2010, p. 39), o sistema iLP em áreas irrigadas, combinando pastagem durante o verão, com produção de grãos durante o inverno foi economicamente viável. Além disso, de acordo com os autores, o lucro líquido por hectare foi maior em rotações que incluíram apenas milho e feijão, já a relação custo-benefício e a margem de lucro foram melhores na combinação de pastagem durante o verão e feijão irrigado durante o inverno. Por fim, o menor risco, de acordo com os autores, foi observado na combinação de braquiária no verão e feijão irrigado no inverno.

O estudo realizado pela GVces (2016, p. 7) tem como objetivo apresentar uma análise econômica de custo-benefício e de ganhos ambientais decorrentes da implementação do Plano ABC no Brasil até 2020. Para isso, os autores selecionaram as tecnologias de recuperação de pastagens degradadas e de implantação de sistemas integrados de produção (pecuária-floresta).

Segundo GVces (2016, p. 7), nas análises econômicas realizadas foram considerados os custos para alcançar as metas estabelecidas pelo Plano ABC e os benefícios econômicos associados ao esforço para atingimento dessas metas. De acordo com a GVces (2016, p. 8), a pesquisa foi desenvolvida por meio de revisão bibliográfica, que levantou dados sobre custos de implementação das técnicas; entrevistas com especialistas e organizações do Brasil dos setores agropecuários e de silvicultura; reflexões com membros dos Grupos de Trabalho; e reflexões internas das equipe GVces.

Para o escopo do estudo realizado pelo GVces (2016, p. 12), considerou a relação custo-benefício da recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas e da implantação de 9 milhões de hectares em sistemas integrados de produção, além de que, o estudo busca ter uma abrangência nacional, ressaltando que a distribuição espacial das pastagens a serem recuperadas e implantadas e os sistemas integrados concentram-se no bioma Cerrado.

O estudo realizado pelo GVces (2016, p. 16) evidencia que para que o produtor decida entre adotar ou não as técnicas de recuperação de pastagens e de sistemas de integração (pecuária-floresta), é necessário quantificar e analisar os custos e os benefícios que serão auferidos. Assim, de acordo com os autores, se

essas tecnologias não forem economicamente viáveis para o produtor rural, as metas brasileiras assumidas pelo Plano ABC, provavelmente, não serão atingidas.

Para realizar essa análise de custos e benefícios, a GVces (2016, p. 23) partiu, primeiramente, de uma lógica privada de implantação das tecnologias, construindo um fluxo de caixa projetado para o período de 2015 a 2030, que considera as saídas de recursos do produtor rural, relacionadas ao financiamento da implantação dos projetos de recuperação de pastagens e de sistemas de integração, e as receitas associadas ao incremento de produtividade dado por essas técnicas ao longo do período. Assim, a GVces (2016, p. 19) além de calcular o VPL dos fluxos de caixa, também realizou a simulação de Monte Carlo.

Por um lado, para a atividade de recuperação de pastagens, GVces (2016, p.27) concluiu que, com uma probabilidade de 95%, o valor presente dos fluxos de caixa projetados seja negativo, entre R\$ 28,59 bilhões e R\$ 15,75 bilhões. Ou seja, de acordo com os autores, e de acordo com as premissas adotadas, a atividade não é economicamente viável para o produtor rural.

Por outro lado, o estudo do GVces (2016, p. 27), ao considerar a atividade de sistemas integrados (pecuária-floresta), concluiu que o valor presente dos fluxos de caixa projetados aponta para uma probabilidade de 95% de que o valor presente esteja na faixa entre R\$ 150 milhões negativos e R\$ 4 bilhões positivos. Além disso, a estimativa resultou que com 95% de probabilidade a TIR estaria entre 10% e 13%. No entanto, os autores afirmam que esses resultados, apesar de serem positivos (chance de ter VPL positivo e a TIR estar acima de 10%), eles são altamente dependentes das premissas assumidas, sendo que, se as premissas mudarem, os resultados também mudam.

O estudo elaborado pelo IIS (2015, p.4) não avaliou economicamente nenhum dos sistemas de integração existentes, mas avaliou economicamente a atividade intensiva em pecuária. Assim, o trabalho elaborado pelo IIS (2015, p. 4) teve como objetivo avaliar o impacto da intensificação da pecuária do ponto de vista financeiro, mensurando seus riscos e o papel do crédito para a alavancagem das boas práticas, entre outras implicações advindas da intensificação da pecuária.

Para isso, IIS (2015, p. 11) desenvolveu um modelo bioeconômico para realizar uma análise onde se reconheça a relação entre a utilização dos recursos naturais, investimentos e resultados econômicos. O modelo desenvolvido é aplicado

ao ciclo completo (cria, cria, engorda) da atividade e, segundo os autores, pode ser utilizado em diferentes escalas e modelos tecnológicos, considerando os resultados ao longo de um período temporal previamente estabelecido.

De acordo com os autores, esse modelo consiste em uma análise de fluxo de caixa de um sistema produtivo de pecuária, quantificando e comparando o impacto de diferentes investimentos adotados, em função das variações no tamanho, composição do rebanho e capacidade de suporte de pastagens. O desempenho financeiro obtido pelo modelo bioeconômico são apresentados pela TIR, pelo VPL total e pelo VPL relativo (VPL/hectare). Os autores argumentam que o VPL relativo é importante, pois, em tese, deve apresentar valor próximo ao preço da terra, indicando assim o nivelamento com o custo de oportunidade, além de que, permite comparar os resultados da pecuária com outros usos do solo.

O modelo desenvolvido por IIS (2015, p. 11) foi parametrizado a partir de dados coletados em campo de oito produtores da microrregião de Alta Floresta, no Mato Grosso. O modelo está estruturado em três módulos que interagem entre si, dois módulos referentes à estrutura biológica do modelo (rebanho e uso da terra) e um módulo econômico-financeiro (investimentos, custos operacionais e financeiros de manutenção).

Além disso, os autores realizaram um levantamento bibliográfico sobre os Sistemas de Integração, como integração Lavoura-Pecuária (iLP) e Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), buscando informações sobre os impactos positivos e negativos (IIS, 2015, p. 17). De acordo com a revisão bibliográfica realizada por IIS (2015, p. 32), sistemas de integração geram benefícios agrônômicos que estão diretamente ligados com ganhos econômicos, principalmente à redução de custos e aumento de produtividade das atividades pecuárias, diversificação dos arranjos produtivos e renda, aumento da competitividade, mitigação da vulnerabilidade de produtos únicos em meio à volatilidade do mercado, entre outros.

De acordo com IIS (2015, p. 32), entre os principais benefícios econômicos estão o menor custo de produção, o aumento da liquidez e o menor risco sobre a receita. Assim, a primeira e mais evidente melhora nos indicadores econômicos advém da maior liquidez, devido à diversificação da produção, o que resulta em menor risco sobre a receita total, pois a lucratividade não depende das flutuações de preço de apenas um produto. Além disso, segundo os autores, a

integração agronômica das diferentes atividades gera menor demanda por uso de insumos como fertilizantes e custo com correção do solo. O menor custo por unidade produzida permite maior margem de ganho sobre os preços, novamente diminuindo o risco de flutuações no mercado.

No entanto, de acordo com IIS (2015, p. 33), o sistema de integração tem riscos e obstáculos para a sua implementação. Os riscos e obstáculos estão associados ao mercado, a aspectos de infraestrutura, a baixa capacitação e presença de mão de obra e assistência técnica e aos altos custos de investimento inicial. Além disso, de acordo com os autores, é difícil a implementação de sistemas integrados em locais com fazendas muito produtivas, devido ao alto custo de oportunidade nesses locais.

Além do modelo e da revisão bibliográfica, foram levantados indicadores econômicos que, segundo IIS (2015, p. 17) podem ser usados para avaliar os projetos já existentes ou em desenvolvimento. Por fim, os autores construíram uma análise com as barreiras e oportunidades internas e externas ao sistema.

Portanto, o que se pode concluir com a revisão da bibliografia realizada nessa seção é que, na maioria dos trabalhos analisados, os sistemas de integração, nos quais os componentes de lavoura e pecuária estão presentes (sistema iLP) demonstram-se ser economicamente viáveis.

É importante ressaltar que, apesar do volume expressivo de trabalhos que tinham como objetivo responder a questão da viabilidade econômica dos sistemas de integração, poucos apresentaram de forma detalhada todas as premissas e os cálculos realizados para gerar os indicadores de viabilidade. Da literatura revisada, o trabalho do Senar (2013) foi o que melhor apresentou essas informações, sendo, portanto, esse o trabalho escolhido para servir de base na construção dessa dissertação.

Por fim, após a realização da revisão bibliográfica, que buscou identificar os principais trabalhos que tiveram como objetivo a análise de viabilidade econômica dos sistemas de integração, a próxima seção procura explicar resumidamente como uma análise de viabilidade econômica pode ser realizada.

4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

4.1. O que é uma análise de viabilidade econômica?

A partir da revisão bibliográfica realizada anteriormente, nessa seção busca-se definir uma metodologia para que a análise de viabilidade econômica do sistema iLP, a ser implementado em uma fazenda hipotética no bioma Cerrado, seja realizada. Assim, nessa seção, será discutida uma das formas de calcular o retorno econômico de um projeto, bem como identificar alguns dos principais indicadores de viabilidade econômica, que são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Interna de Retorno Modificada (TIR-M).

Antes de prosseguir, é importante ressaltar que a necessidade de realizar uma análise de viabilidade econômica de um projeto, decorre da necessidade da realização de investimento. Segundo Oliveira (2008, p. 14), investimento pode ser definido como o ato de incorrer em gastos imediatos na expectativa de obter benefícios futuros. Assim, de acordo com o autor, são esses benefícios que promovem ganhos de capital para a empresa, propiciando crescimento, novas alternativas ou, em alguns casos, sua sobrevivência. No entanto, de acordo com Oliveira (2008, p. 14), como o capital é um recurso escasso, a seleção do investimento correto é questão fundamental para os gestores.

De acordo com Macedo, Lunga e Almeida (2007, p. 2), as pessoas, sejam elas físicas ou jurídicas, devem decidir onde investir sua renda, levando em consideração o risco e o retorno esperado de cada alternativa de investimento disponível. De acordo com os autores, o risco pode ser definido como a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo. Além disso, para Macedo, Lunga e Almeida (2007, p. 2), o investidor que decide empregar seus recursos financeiros na atividade produtiva deverá fazer uma análise, a fim de verificar a viabilidade de seu investimento.

A análise de viabilidade econômica (ou custo-benefício), segundo Mishan e Quah (2007, p. 2), é o processo sistemático de comparação de benefícios e custos para avaliar a conveniência de um projeto. No mesmo sentido, Campbell e Brown (2003, p. 1) definem a análise de custo-benefício como um processo de identificar, mensurar e comparar os benefícios e os custos de um projeto.

A análise de viabilidade econômica deve ser realizada para qualquer tipo de projeto, conforme mostram Campbell e Brown (2003, p. 1):

The project or projects in question may be public projects – undertaken by the public sector – or private projects. Both types of projects need to be appraised to determine whether they represent an efficient use of resources.

Vale ressaltar que, em um projeto de caráter privado, os custos e benefícios que interessam são exclusivamente aqueles auferidos pelos investidores do projeto (seja uma empresa privada, uma instituição pública ou até mesmo uma fazenda), isto é, os custos e receitas privados. Dessa forma, o projeto pode até ter impactos indiretos, conhecidos como externalidades, mas esses impactos não serão contabilizados na análise privada.

A análise de viabilidade econômica é de suma importância para qualquer projeto. Isso porque, mesmo que um projeto traga benefícios financeiros para o investidor, pode ocorrer que o seu custo de implementação seja tão elevado, tornando-o economicamente inviável. Ou seja, o projeto pode até funcionar, atingindo seus objetivos, no entanto, não compensa, já que seus custos superam suas receitas. Assim, se um projeto não é economicamente viável, os agentes ficam em uma melhor situação sem a sua implementação, em comparação com a execução do mesmo.

A partir disso, de acordo com Macedo, Lunga e Almeida (2007, p. 2), um dos modelos de análise econômico-financeira mais importantes e mais utilizados para avaliar ações de investimento, em termos financeiros, é o Modelo de Fluxo de Caixa Descontado (FCD). Segundo os autores, esse modelo representa a análise, a valor presente, dos fluxos de caixa futuros líquidos gerados.

No mesmo sentido, de acordo com Pestana (2014, p. 34), o FCD tem como objetivo explicar a forma de como é gerado e utilizado o dinheiro, demonstrando os fluxos de recebimentos e de pagamentos de determinada entidade no seu exercício econômico. Segundo Damodaran (2007, p. 6), o modelo FCD parte do pressuposto de que o valor de uma empresa é determinado pelo valor presente dos seus fluxos de caixa projetados, descontados por uma taxa que reflita o risco relacionado ao negócio.

Segundo Borsatto Junior, Correia e Gimenes (2015, p. 93), essa metodologia possui vasta aceitação pelo mercado e é amplamente utilizada por bancos de investimento, por consultorias e empresários, quando querem calcular o valor de uma organização, tanto para fins internos quanto para fins externos.

De acordo com Damodaran (2007, p. 54), os fluxos de caixa são fundamentais às avaliações de fluxo de caixa descontado, além disso, segundo o autor, para estimá-los, geralmente, inicia-se pela mensuração do lucro. No mesmo sentido, de acordo com Rodrigues e Rozenfeld (2014, p. 3), o primeiro passo para a avaliação econômica é a montagem do fluxo de caixa, ou seja, a definição do fluxo de entradas e saídas durante o ciclo de vida planejado

Logo, para a construção do FCD, primeiramente, é necessário calcular o lucro gerado pelo investimento em questão, para cada ano do projeto, ou seja, calcular o Fluxo de Caixa Operacional Líquido.

Segundo Costa (2011, p. 118), a elaboração de um fluxo de caixa pode ser feita de várias maneiras, pois cada pessoa ou empresa pode realizar o controle dos recebimentos e pagamentos de caixa conforme seus próprios entendimentos. A partir disso, o Fluxo de Caixa Operacional Líquido pode ser construído, de acordo com a metodologia apresentada pelo Senar (2013, p. 185)⁴, conforme a Quadro 3:

⁴ O trabalho do Senar (2013, p. 185) não diz explicitamente como é construído o FCD. Essa metodologia foi deduzida a partir dos cálculos realizados pelo Senar (2013).

Receita Operacional Bruta
(-) Custo de Produção
(=) Margem de Contribuição
(-) Despesas Operacionais
(-) Juros
(=) Lucro Bruto
(-) Imposto sobre as Receitas Operacionais
(-) Imposto sobre o Lucro Bruto
(=) Lucro Líquido
(+) Depreciações
(-) Reinvestimentos
(=) Fluxo de Caixa Operacional
(-) Amortização do Financiamento
(=) Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOL)
(-) Depreciações
(-) Investimentos
(=) Resultado Econômico

Quadro 3 - Esquema para a construção do Fluxo de Caixa Descontado
 Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 140 a 152).

Onde:

- a) Receita Operacional Bruta: é a receita gerada da venda de bens e/ou serviços prestados pela empresa, provenientes das operações-fim para as quais foi constituída, de acordo com Limeira et al. (2008, p. 44). Segundo Matarazzo (2010, p. 48), a Receita Operacional Bruta da empresa é constituída pelo valor bruto do faturamento. Na medida em que, de acordo com o mesmo autor, o faturamento representa o ingresso bruto de recursos externos provenientes das operações (normais de venda a prazo ou a vista, no mercado nacional e exterior, de produtos, mercadorias ou serviços).

- b) Custos de Produção: para Matarazzo (2010, p. 50), é dado pela soma de materiais consumidos, mão de obra direta e custos indiretos de fabricação do produto, onde:
 - a. Materiais consumidos: segundo Matarazzo (2010, p. 50), corresponde ao custo dos materiais utilizados na produção durante o período;
 - b. Mão de obra direta: compreende, de acordo com Matarazzo (2010, p. 50), a remuneração paga aos empregados, cujo trabalho é diretamente proporcional à produção física, além disso, são incluídos, também, os adicionais de salários como hora-extras e prêmios de produção, assim como os encargos sociais; e
 - c. Custos indiretos de fabricação: segundo Matarazzo (2010, p. 50), representam todos os custos necessários à produção, mas que não são diretamente vinculados ao produto nem variam proporcionalmente à produção.
- c) Margem de Contribuição: é definida por Carneiro (2009, p. 36), como a diferença entre a receita de venda e os custos e despesas variáveis alocados na produção dos produtos vendidos. Ou seja, é a diferença entre Receita Operacional Bruta e os Custos de Produção.
- d) Despesas Operacionais⁵: de acordo com Matarazzo (2010, p. 52), as despesas operacionais correspondem às despesas necessárias para a empresa funcionar, ou seja, vender, administrar e financiar suas atividades.
- e) Juros: para Matarazzo (2010, p. 53), são os juros pagos em empréstimos, financiamentos, desconto de títulos, etc. Essa conta é parte integrante das Despesas Financeiras.
- f) Lucro Bruto: é dado pela Margem de Contribuição menos as Despesas Operacionais e os Juros.

⁵ Segundo Matarazzo (2010, p. 52), as despesas operacionais são diferentes das despesas de produção. De acordo com o autor, as despesas de produção são aquelas necessárias para transformar a matéria-prima em produto acabado.

- g) Impostos sobre as Receitas Operacionais: de acordo com Matarazzo (2010, p. 49), os impostos que incidem sobre as vendas são: Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e Imposto sobre Serviços (ISS).
- a. IPI: segundo Matarazzo (2010, p. 49), este é um imposto cobrado pela União sobre os produtos que sofrem industrialização definida como operação que lhes modifique a natureza, o funcionamento ou o seu acabamento. Ainda de acordo com Matarazzo (2010, p. 49), para fins de apresentação a empresa mostra o valor das vendas brutas já deduzido do IPI incidente sobre as vendas, no entanto, algumas empresas incluem o IPI entre os impostos incidentes sobre vendas.
 - b. ICMS: segundo Matarazzo (2010, p. 49), é um imposto incidente sobre o valor agregado em cada circulação de mercadoria.
 - c. ISS: é um imposto cobrado pelos municípios, incidentes sobre serviços prestados, de acordo com Matarazzo (2010, p. 49).
- h) Imposto sobre o Lucro Bruto (ou Imposto de Renda): de acordo com Matarazzo (2010, p. 54), após a apuração do lucro, uma parte será destacada para pagamento do imposto de renda, no entanto, essa quantia será apenas uma provisão, podendo ter alguma diferença em relação ao imposto de renda a ser efetivamente declarado.
- i) Lucro Líquido: é a diferença entre o lucro bruto e os impostos sobre receitas e sobre o lucro bruto.
- j) Depreciações: segundo Machado e Paparazzo (2013, p. 5), o termo depreciação, de uma forma geral, remete ao reconhecimento da perda ou diminuição da capacidade de geração de caixa dos bens, sendo esse ocorrido com bens tangíveis. De acordo com Brealey, Myers e Allen (2013, p. 126), a depreciação é uma

despesa não desembolsável, e só é importante porque reduz o resultado tributável.

- k) Reinvestimentos: é a necessidade de refazer alguns dos investimentos realizados anteriormente. De acordo com Damodaran (2007, p. 68), o fluxo de caixa da empresa é calculado após o reinvestimento.
- l) Fluxo de Caixa Operacional: é dado pelo lucro líquido somado às despesas com depreciação, menos os reinvestimentos.
- m) Amortização do Financiamento: de acordo com Samanez (2002, p. 207), é um processo financeiro pelo qual uma dívida ou obrigação é paga progressivamente por meio de parcelas, de modo que, ao término do prazo estipulado, o débito seja liquidado. Ainda segundo Samanez (2002, p. 207), a amortização é a devolução do principal emprestado. Muitas vezes, a dívida ou obrigação adquirida pode ter um período de carência⁶ para ser amortizado.
- n) Fluxo de Caixa Operacional Líquido (ou FCOL): é dado pela diferença entre o fluxo de caixa operacional e a amortização do financiamento.
- o) Investimentos: é o comprometimento atual do dinheiro ou de outros recursos na expectativa de colher benefícios futuros, segundo Bodie, Kane e Marcus (2003, p. 3).
- p) Resultado Econômico: é dado pela diferença entre o FCOL, as depreciações e os investimentos.

Após o cálculo do resultado econômico de cada ano, é preciso calcular o FCD. Para calcular o FCD, todos os valores do resultado econômico (para cada um dos anos considerados na projeção) são trazidos a valor presente por uma taxa de desconto intertemporal. Os conceitos de valor presente e taxa de desconto intertemporal serão apresentados a seguir.

De acordo com Peixoto et al. (2012, p. 151), é preciso que o efeito do tempo seja considerado na análise econômica do projeto. Para isso, segundo os autores, para montar o fluxo de caixa é necessário utilizar a taxa de desconto

⁶ Para Samanez (2002, p. 207), o termo carência designa o período que vai desde a data de concessão do empréstimo até a data em que será paga a primeira prestação. Além disso, de acordo com o autor, esse período, geralmente, é negociado entre o credor e o mutuário.

intertemporal para deduzir do montante o fato de que o valor só será recebido no futuro.

Assim, para Peixoto et al. (2012, p. 151), a taxa de desconto intertemporal indica quanto o indivíduo valoriza o consumo presente em relação ao futuro, ou seja, de acordo com os autores, a taxa de desconto intertemporal é o percentual pelo qual o indivíduo está disposto a deixar de consumir no presente para só fazê-lo no futuro.

De acordo com Peixoto et al. (2012, p. 151), a escolha da taxa de desconto intertemporal é uma decisão discricionária, no entanto, de acordo com os autores, geralmente, a taxa de juros é considerada como a taxa de desconto intertemporal. Ainda segundo Peixoto et al. (2012, p. 152), a intuição para essa escolha é que a taxa de juros seria a recompensa financeira por deixar de consumir hoje, para consumir amanhã, assim, para os autores, essa taxa pode ser interpretada como a taxa sobre quanto os indivíduos valorizam o presente em relação ao futuro.

Assim, conforme Peixoto et al. (2012, p. 152), quanto mais elevada for a taxa de desconto intertemporal, mais é valorizado o consumo presente. Em contrapartida, quanto menor essa taxa for, o consumo presente é menos valorizado em relação ao futuro.

Ainda de acordo com Peixoto et al. (2012, p. 152), não é necessário igualar a taxa de desconto intertemporal à taxa de juros, sendo que, muitas vezes, os avaliadores adotam taxa de desconto intertemporal menores que a taxa de juros corrente. Para Peixoto et al. (2012, p. 152), isso ocorre, pois, como a maioria dos projetos tem impactos de longo prazo, os avaliadores utilizam uma taxa de juros de longo prazo, que é, em geral, menor que a taxa de juros corrente.

Para Damodaran (2007, p. 19), as taxas de desconto devem refletir o grau de risco dos fluxos de caixa. Segundo o mesmo autor, o risco refere-se à probabilidade de se obter um retorno de investimento que seja diferente do previsto. Dessa forma, de acordo com Damodaran (2007, p. 19), o risco inclui não só os maus resultados (aqueles inferiores ao previsto), mas também os bons resultados (aqueles superiores ao previsto).

Assim, segundo Peixoto et al. (2012, p. 151), para efetuar o desconto intertemporal é aplicado os conceitos de Valor Presente (VP) e Valor Futuro (VF). O VP, de acordo com Peixoto et al. (2012, p. 151), é quanto determinado montante de

dinheiro a ser recebido no futuro vale no tempo inicial do investimento. Em contrapartida, o VF, de acordo com Peixoto et al. (2012, p. 151), é quanto determinado montante de dinheiro recebido no futuro valerá em momentos posteriores.

Assim, de acordo com Peixoto et al. (2012, p. 151), a os conceitos de VP e VF são relacionados através da Equação 1:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde:

- n é o número do período; e
- i é a taxa de desconto intertemporal.

A partir dos conceitos de FCD, VP, VF e taxa de desconto intertemporal, torna-se possível calcular o retorno econômico (ou viabilidade econômica) de um projeto. Para calcular o retorno econômico de um projeto há diversas medidas, sendo que todas elas evidenciam uma relação entre o custo e receitas, diferindo apenas em como esses indicadores são construídos. Dentre os mais importantes indicadores de retorno econômico, estão:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Taxa Interna de Retorno (TIR); e
- Taxa Interna de Retorno Modificada (TIR-M).

Para um projeto ser considerado economicamente viável são utilizadas as seguintes regra de decisão para o VPL:

- a) se $VPL > 0$: projeto economicamente viável;
- b) se $VPL < 0$: projeto não é economicamente viável; e
- c) se $VPL = 0$: projeto apresenta retorno neutro.

Para um projeto ser considerado economicamente viável são utilizadas as seguintes regras de decisão para a TIR e para a TIR-M:

- a) se TIR (ou TIR-M) > Taxa Mínima de Atratividade (TMA⁷): projeto economicamente viável;

⁷ A TMA, de acordo com Peixoto et al. (2012, p. 157), é a taxa de juros mínima que um investidor pretende obter com o seu investimento. Assim, a TMA é a taxa que o investidor esperaria obter com uma aplicação alternativa dos seus recursos que não fosse o projeto em questão, sendo a

- b) se TIR (ou $TIR-M$) $< TMA$: projeto não é economicamente viável; e
- c) se TIR (ou $TIR-M$) $= TMA$: projeto apresenta retorno neutro.

As definições desses indicadores de viabilidade econômica, bem como as fórmulas para o cálculo, encontram-se explicitadas no Apêndice A. Por fim, é importante ressaltar que esses indicadores serão calculados nessa dissertação para avaliar a viabilidade econômica do sistema iLP em uma fazenda hipotética no bioma Cerrado.

4.2. Análise de Sensibilidade

O último passo de uma análise de viabilidade econômica, após os cálculos dos indicadores de viabilidade econômica, é analisar como os resultados se alteram quando as amostras e os parâmetros são alterados.

Segundo Peixoto et al. (2012, p. 160), como a análise é baseada em métodos estatísticos, que estão sujeitos a erros, e em parâmetros escolhidos às vezes de forma discricionária, faz-se necessário testar se os resultados encontrados sofreriam alteração caso a amostra e os parâmetros fossem diferentes. No mesmo sentido, Oliveira (2008, p. 15) evidencia que a análise de investimentos lida com expectativas, premissas de custos e receitas futuras. Ou seja, para a análise de viabilidade econômica, tem-se que levar em conta a incerteza.

De acordo com Monteiro, Santos e Werner (2012, p. 3), existem alguns métodos probabilísticos utilizados como forma de avaliação, capazes de considerar o efeito do risco na projeção, traçando a probabilidade de ocorrência de cada evento ou conjunto deles. Segundo os autores, entre os métodos existentes, destacam-se: análise de sensibilidade, análise de cenários, árvore de decisão e método de Monte Carlo.

escolha dessa taxa feita de forma discricionária pelo avaliador. A TMA deve incorporar o valor do dinheiro no tempo, o risco e o retorno mínimo exigido para um determinado programa.

Para esse trabalho, será utilizado o método de análise de sensibilidade. De acordo com Ruiz (2013, p. 115), a análise de sensibilidade consiste em, a partir do modelo de análise de viabilidade econômico-financeira, alterar premissas individuais ou em conjunto de forma a mensurar qual seu impacto na rentabilidade do projeto.

Segundo a Comissão Europeia (2003, p. 42), o objeto da análise de sensibilidade é a seleção das variáveis e parâmetros “críticos” do modelo, ou seja, aqueles cujas variações, positivas ou negativas em relação ao valor utilizado como melhor estimativa no caso de referência, têm um efeito mais pronunciado na TIR ou no VPL, no sentido em que originam as alterações mais importantes destes parâmetros.

Ainda de acordo com a Comissão Europeia (2003, p. 42), os critérios utilizados para a escolha das variáveis críticas diferem de acordo com o projeto analisado e devem ser avaliadas com rigor em cada caso. No entanto, a Comissão Europeia (2003, p. 42) recomenda que se considerem os parâmetros para os quais uma variação (positiva ou negativa) de um ponto percentual implique uma variação correspondente de um ponto percentual da TIR ou de cinco pontos percentuais do VPL.

Para Ricardo (2010, p. 14), a importância do método está na capacidade de demonstrar quais itens do projeto representam maior impacto nos resultados, apontando para possíveis aprimoramentos e validação nos dados correspondentes aos itens mais impactantes. Além disso, outra vantagem do método, para o autor, é identificar até que nível determinado item do projeto pode variar, sem prejudicar sua viabilidade.

Por fim, para essa dissertação, após a realização da análise de viabilidade econômica da implantação do sistema iLP em uma fazenda representativa no bioma Cerrado, será realizada uma análise de sensibilidade, considerando as variáveis que mais causam impacto na rentabilidade do projeto.

Assim, nessa seção, foi identificada uma metodologia para que a análise de viabilidade econômica do sistema iLP no bioma Cerrado seja realizada. A partir disso, a próxima seção tem como objetivo definir quais são as premissas adotadas para a fazenda representativa, na qual o sistema iLP será avaliado, lembrando que as premissas adotadas terão como base o estudo da Senar (2013).

5. MODELO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA ILP PARA O CERRADO E CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO BASE

Nessa seção, serão definidas as premissas do cenário base da fazenda representativa (hipotética) do bioma Cerrado, na qual será implementado o sistema iLP e que terá sua avaliação econômica realizada nas próximas seções. É importante ressaltar que a construção desse sistema teve como principal referência o trabalho realizado pelo Senar (2013), o qual, como já foi visto anteriormente, realizou a análise de viabilidade econômica para as tecnologias do Plano ABC, incluindo o sistema iLP, para a região do Cerrado brasileiro. Além disso, os dados utilizados para a construção do modelo são dados secundários.

Dessa forma, o trabalho do Senar (2013) irá fornecer as principais variáveis e premissas para a construção de uma fazenda representativa no bioma Cerrado, onde será implantado, hipoteticamente, o sistema iLP 4 áreas, além da metodologia para o cálculo do Fluxo de Caixa Descontado (FCD).

É importante ressaltar que algumas das premissas para o cenário base serão atualizadas, visto que o trabalho do Senar (2013) foi realizado no ano de 2013, e de lá pra cá, algumas premissas tiveram seus valores alterados. Além das premissas, a própria metodologia ou hipótese elaborada pelo Senar (2013) poderá ser alterada, caso seja necessário, conforme percepção do autor dessa dissertação. No entanto, sempre que isso for realizado, serão explicitadas claramente quais as mudanças adotadas, e o porquê dessas alterações.

Assim, a partir do trabalho realizado pelo Senar (2013), essa dissertação terá como objetivo formalizar os conceitos utilizados para a elaboração do modelo de viabilidade econômica de implementação do sistema iLP em uma fazenda representativa do bioma Cerrado, atualizar algumas das premissas adotadas, analisar a viabilidade econômica do sistema iLP adotado e, por fim, realizar uma análise de sensibilidade de seus resultados.

O estudo realizado pelo Senar (2013, p. 5), como foi visto anteriormente, teve como objetivo analisar a viabilidade econômica de seis tecnologias inseridas no Plano ABC. Para cada uma das seis tecnologias, o Senar (2013, p. 5) avaliou a rentabilidade do ponto de vista dos produtores, levando em consideração apenas as receitas provenientes da produção e venda e os gastos realizados em investimentos e insumos.

Além disso, o estudo do Senar (2013, p. 5), buscou avaliar os efeitos positivos e/ou negativos de cada tecnologia do ponto de vista da sociedade, mensurando, quando possível, a redução potencial da emissão de dióxido de carbono (CO₂) equivalente, redução do uso de fertilizantes nitrogenados, dentre outros efeitos. Por fim, o trabalho do Senar (2013, p. 5) realizou uma análise de sensibilidade dos resultados, alterando, para isso, os pressupostos de cada modelo.

No entanto, para essa dissertação, a análise de viabilidade econômica de interesse é a do sistema iLP, que é um tipo de sistema derivado do sistema iLPF, que ao invés de ter três componentes (agricultura, pecuária e floresta), tem apenas dois (agricultura e pecuária). Além disso, não será escopo desse trabalho avaliar os efeitos da tecnologia do ponto de vista da sociedade, ao contrário do que foi realizado pelo Senar (2013).

A partir disso, assim como o trabalho do Senar (2013, p. 6), a análise de viabilidade econômica a ser desenvolvida nesse estudo será realizada para uma fazenda, que tem 1000 hectares de área, sendo 800 hectares destinados à produção e 200 hectares pertencentes à reserva legal e que, portanto, não podem ser utilizados para a atividade produtiva.

Assim, do mesmo modo que foi realizado pelo Senar (2013, p. 24), foi considerado que os 800 hectares que inicialmente eram destinados à pastagem e que estavam com degradação de fertilidade, deveriam ser recuperados com o sistema iLP.

Essa fazenda hipotética está localizada no bioma Cerrado e, assim como no trabalho realizado pelo Senar (2013, p. 6), com um solo do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico, com textura média. O Bioma Cerrado, de acordo com Senar (2013, p. 12) é uma região com 1.500 milímetros (mm) de precipitação, distribuída principalmente entre os meses de outubro a abril, com período seco entre maio e setembro e, segundo os autores, tem uma altitude em relação ao nível do mar de 1.000 metros.

Seguindo a hipótese considerada pelo Senar (2013, p. 6), o solo da fazenda é de pastagem com degradação de fertilidade (áreas com problemas de degradação de pastagem), porém coberto por gramínea, ou seja, é um solo de Pastagem com Degradação de Fertilidade (PDF). O solo PDF é definido, por Senar (2013, p. 6), como:

Solos de pastagens com degradação de fertilidade – áreas com problemas de degradação de pastagem, sendo observados problemas de fertilidade, porém com solos cobertos por gramínea. Para sua recuperação há a necessidade de correção de acidez superficial e subsuperficial, além da correção de fertilidade. Esse estágio permite a recuperação sem revolver solos, utilizando-se dessecação com plantio direto e aplicação de corretivo em superfície.

Na projeção da tecnologia iLP nesse trabalho, assim como foi considerado no estudo do Senar (2013, p. 7), serão analisadas as lavouras de milho e soja e a bovinocultura de corte (recria e engorda). Segundo Senar (2013, p. 15), foi considerada, na atividade pecuária, a bovinocultura de corte (recria e engorda), por se tratar, de atividade de maior demanda nutricional e de maior retorno financeiro. Além disso, o modelo parte da premissa de que existe oferta de animais na região.

Seguindo o modelo adotado pelo trabalho do Senar (2013, p. 23), para criar o sistema iLP na fazenda hipotética, considerou que, no primeiro ano, foi realizado o plantio de 400 hectares de soja e 400 hectares de milho integração. Já na primeira seca, foram introduzidos os animais, pois a área de milho ficaria disponível para a pastagem.

A partir de então, a propriedade será dividida em 4 áreas de 200 hectares, que seguirá a rotação de dois anos de soja, um ano de milho integração (Santa Fé) e um ano de pastagem. Ou seja, de acordo com o estudo do Senar (2013, p. 23), a propriedade terá duas áreas de soja, uma área de milho e uma área de pastagem no período das águas, conforme mostra a Figura X:

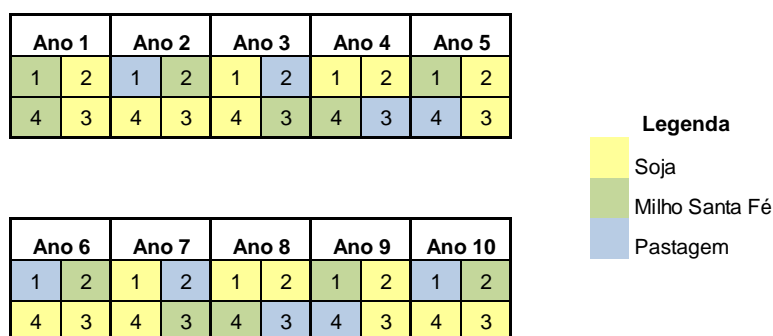


Figura 1 - Modelo esquemático de Integração Lavoura-Pecuária 4 Áreas adotado na projeção do Senar (2013) e na projeção dessa dissertação
Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 23)

Além disso, segundo o Senar (2013, p. 23), como o milho integração se converte em pastagem na seca⁸, a área de capim dobra nesse período, e a taxa de lotação diminui pela metade no período das águas⁹, sem considerar a disponibilidade das áreas de soja.

De acordo com Santos e Corrêa (2009, p. 13), a taxa de lotação é o número de unidades animais (UA) por unidade de área (hectare) e uma unidade animal corresponde a 450 quilos de peso vivo. Além disso, de acordo com Santos e Corrêa (2009, p. 13), muitas vezes, a taxa de lotação é expressa em número de animais por hectare, no entanto, segundo os autores, isso não é muito recomendável, pois o tamanho dos animais é muito variado.

Assim, de acordo com o Senar (2013, p. 23), com o manejo de fertilidade de solos, a lotação considerada foi de 4 UA/hectare nas águas e 2 UA/hectare na seca, no período de estabilização (a partir do ano 4). No ano 1, a taxa de lotação considerada foi de 2,4 UA/hectare; no ano 2, foi de 3,1 UA/hectare e no ano 3, foi de 3,6 UA/hectare.

Além disso, mantendo o que foi realizado pelo Senar (2013, p. 23), no primeiro ano será realizada a correção de solos em toda a área, sendo que a correção inicial de solos (acidez) foi considerada partindo de 20% para 50% de saturação de bases, utilizando calagem a cada cinco anos e gessagem a cada dez anos. Ademais, a gramínea utilizada como referência foi o Braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e os investimentos necessários foram divididos entre a agricultura e a pecuária.

Além do mais, é importante ressaltar que no modelo considerado pelo Senar (2013, p. 13) e para essa dissertação, foi considerado que o empresário teria a propriedade da terra sem nenhum tipo de benfeitoria, máquinas, equipamentos e/ou semoventes. Ou seja, exceto a terra, todos os investimentos necessários à condução do projeto foram considerados como financiados, tendo como base a linha BNDES ABC.

Além disso, no modelo elaborado pelo Senar (2013, p. 7), bem como nessa dissertação, considerou-se que o projeto tem necessidade de investimentos plurianuais, incluindo o custeio do primeiro ano de projeto. Para esses investimentos, nesse estudo, será considerado que o empresário adquiriu um

⁸ Maio a setembro.

⁹ Outubro a abril.

financiamento através da linha BNDES ABC, pagando uma taxa de juros de 8,5% ao ano. A TMA utilizada será igual à taxa de juros praticada pela linha BNDES ABC atualmente, ou seja, de 8,5%¹⁰.

Ademais, o prazo adotado para o financiamento foi de 8 anos, com carência de 3 anos, para as atividades de lavoura e pecuária, tanto para as projeções realizadas pelo Senar (2013, p. 7), bem como para as análises dessa dissertação.

Em relação à tributação, os mesmos impostos considerados nas projeções do Senar (2013, p. 14) serão considerados nas análises a serem realizadas nesse trabalho. Assim, serão considerados os seguintes impostos: (1) Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF), seguindo a base de cálculos e alíquotas definidas pela receita federal¹¹, sendo que quando for a opção de menor tributação, pode-se optar por taxar 20% sobre a receita bruta; (2) taxa para o Fundo de Amparo ao Trabalhador Rural (Funrural), de 2,1% sobre a receita bruta; e (3) Taxa do Serviços Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), de 0,2% sobre a receita bruta. O pagamento do Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) deve ser arcado pela indústria (regime diferido).

No entanto, a alíquota do IRPF será atualizada nesse trabalho, uma vez que, no trabalho do Senar (2013, p. 14), as alíquotas do IRPF eram referentes ao exercício de 2014, ano calendário de 2013. As bases de cálculo e alíquotas adotadas para o cálculo do IRPF (exercício 2016, ano calendário 2015) nesse trabalho encontram-se na Tabela 1. Além disso, é importante ressaltar que, mantendo o que foi considerado no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 14), pode-se utilizar a opção de taxar 20% a receita bruta, caso seja essa a opção de menor valor.

¹⁰ No trabalho realizado pelo Senar (2013, p. 7), a taxa de juros do financiamento através da linha BNDES ABC considerada para as projeções foi a de 5% ao ano, já que era essa a taxa cobrada por essa linha de financiamento no momento em que o trabalho foi escrito, em 2013. Logo, no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 8), a TMA utilizada foi de 5%.

¹¹ No estudo do Senar (2013, p. 14), a alíquota do IRPF considerada foi a do Exercício de 2014, ano-calendário de 2013 (<http://idg.receita.fazenda.gov.br/acesso-rapido/tributos/irpf-imposto-de-renda-pessoa-fisica>).

Tabela 1. - Bases de cálculo e alíquotas adotadas para o cálculo do IRPF – Exercício 2016, Ano Calendário 2015

Base de Cálculo Anual (R\$)	Alíquota (%)	Parcela a deduzir do imposto em R\$
Até 22.499,13	0,0%	0
De 22.499,14 até 33.477,72	7,5%	1.687,43
De 33.477,73 até 44.476,74	15,0%	4.198,26
De 44.476,75 até 55.373,55	22,5%	7.534,02
Acima de 55.373,55	27,5%	10.302,70

Fonte: Receita Federal do Brasil, adaptado de Senar (2013, p. 14).

Além disso, é importante ressaltar que as projeções que serão realizadas nessa dissertação contemplaram um fluxo de caixa de 20 anos, do ponto de vista do produtor, seguindo o que foi realizado pelo Senar (2013, p. 11).

Assim, considerando essas premissas gerais e específicas de cada atividade do sistema iLP, que serão vistas a seguir, será realizada a análise de viabilidade econômica do sistema iLP da fazenda representativa do bioma Cerrado. Sendo que, assim como foi realizado no trabalho do Senar (2013), a análise de viabilidade econômica do sistema iLP será o resultado da análise de viabilidade econômica das atividades (lavoura e pecuária) realizadas isoladamente. Todas as equações necessárias para a análise de viabilidade econômica do sistema iLP encontram-se no Apêndice B desse estudo.

A partir disso, em primeiro lugar, será calculada a viabilidade econômica das atividades separadamente para que, por fim, seja calculada a viabilidade econômica global do sistema iLP no bioma Cerrado.

5.1. Análise de Viabilidade Econômica da Lavoura no Cenário Base

No modelo de viabilidade econômica da lavoura no sistema iLP serão considerados, assim como foi feito pelo Senar (2013, p. 23), o cultivo de soja e de milho integração.

Mantendo as premissas do Senar (2013, p. 23), considerou que, no primeiro ano, foi realizado o plantio de 400 hectares de soja e 400 hectares de milho

integração. Assim, na primeira seca, seriam introduzidos os animais, já que a área de milho ficaria disponível para a pastagem.

A partir de então, a propriedade será dividida em 4 áreas de 200 hectares, que seguirá a rotação de dois anos de soja, um ano de milho integração e um ano de pastagem. Ou seja, a propriedade terá duas áreas de soja, uma área de milho e uma área de pastagem no período das águas. A Tabela 2 mostra a área destinada à lavoura em cada um dos anos do projeto.

Tabela 2. – Área (em hectare) da lavoura, por ano

Ano	Soja 1° Ano PD	Soja 2° Ano PD	Soja 3° Ano PD	Soja Integração PD	Milho Integração PD
Ano 1	400	0	0	0	400
Ano 2	0	400	0	0	200
Ano 3	0	200	200	0	200
Ano 4	0	0	200	200	200
Ano 5	0	0	0	400	200
Ano 6	0	0	0	400	200
Ano 7	0	0	0	400	200
Ano 8	0	0	0	400	200
Ano 9	0	0	0	400	200
Ano 10	0	0	0	400	200
Ano 11	0	0	0	400	200
Ano 12	0	0	0	400	200
Ano 13	0	0	0	400	200
Ano 14	0	0	0	400	200
Ano 15	0	0	0	400	200
Ano 16	0	0	0	400	200
Ano 17	0	0	0	400	200
Ano 18	0	0	0	400	200
Ano 19	0	0	0	400	200
Ano 20	0	0	0	400	200

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 142).

Além disso, as produtividades de cada produto da lavoura que serão adotadas na análise de viabilidade econômica estão apresentadas na Tabela 3. É importante ressaltar que essas produtividades são as mesmas consideradas pelo Senar (2013, p. 142) e que apenas a produtividade do milho integração se altera ao longo do tempo.

A partir da área e da produtividade da lavoura, é possível obter a produção (em sacas) de cada uma das culturas em todos os anos considerados na análise. A quantidade produzida, em cada ano, pode ser visualizada na Tabela 4.

Tabela 3. – Produtividade (em sacas por hectare) da lavoura, por ano

Ano	Soja 1° Ano PD	Soja 2° Ano PD	Soja 3° Ano PD	Soja Integração PD	Milho Integração PD
Ano 1	45	50	60	65	135
Ano 2	45	50	60	65	160
Ano 3	45	50	60	65	170
Ano 4	45	50	60	65	170
Ano 5	45	50	60	65	170
Ano 6	45	50	60	65	170
Ano 7	45	50	60	65	170
Ano 8	45	50	60	65	170
Ano 9	45	50	60	65	170
Ano 10	45	50	60	65	170
Ano 11	45	50	60	65	170
Ano 12	45	50	60	65	170
Ano 13	45	50	60	65	170
Ano 14	45	50	60	65	170
Ano 15	45	50	60	65	170
Ano 16	45	50	60	65	170
Ano 17	45	50	60	65	170
Ano 18	45	50	60	65	170
Ano 19	45	50	60	65	170
Ano 20	45	50	60	65	170

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 142).

Tabela 4. – Produção (em sacas) da lavoura, por ano

Ano	Soja 1° Ano PD	Soja 2° Ano PD	Soja 3° Ano PD	Soja Integração PD	Milho Integração PD
Ano 1	18.000	0	0	0	54.000
Ano 2	0	20.000	0	0	32.000
Ano 3	0	10.000	12.000	0	34.000
Ano 4	0	0	12.000	13.000	34.000
Ano 5	0	0	0	26.000	34.000
Ano 6	0	0	0	26.000	34.000
Ano 7	0	0	0	26.000	34.000
Ano 8	0	0	0	26.000	34.000
Ano 9	0	0	0	26.000	34.000
Ano 10	0	0	0	26.000	34.000
Ano 11	0	0	0	26.000	34.000
Ano 12	0	0	0	26.000	34.000
Ano 13	0	0	0	26.000	34.000
Ano 14	0	0	0	26.000	34.000
Ano 15	0	0	0	26.000	34.000
Ano 16	0	0	0	26.000	34.000
Ano 17	0	0	0	26.000	34.000
Ano 18	0	0	0	26.000	34.000
Ano 19	0	0	0	26.000	34.000
Ano 20	0	0	0	26.000	34.000

Fonte: Elaboração do própria, adaptado de Senar (2013, p. 142).

Após o cálculo da produção de cada tipo de lavoura (soja e milho), torna-se possível calcular qual é a receita operacional bruta¹² de cada ano. A receita operacional, como já foi visto anteriormente, pode ser definida como a receita

¹² No trabalho do Senar (2013, p. 143), foi somado à receita operacional do primeiro ano o valor do custeio associado (R\$ 1.379.010,92). No entanto, nesse trabalho, isso não será feito, uma vez que o autor entende que o custeio associado deva entrar apenas como financiamento, e não como receita operacional.

gerada da venda de bens e/ou serviços prestados pela empresa, provenientes das operações-fim para as quais foi constituída, de acordo com Limeira et al. (2008, p. 44).

Isto é, no caso da lavoura do sistema iLP em questão, a operação-fim para qual ela foi constituída é a venda desses produtos no mercado. Para saber quanto de receita operacional a venda desses produtos geraram é necessário saber qual é o preço de venda desses produtos.

Para os cálculos realizados nesse trabalho, foi considerado que o preço da saca de soja é de R\$ 76,85 e do milho integração é de R\$37,54¹³. Esses preços foram obtidos, considerando a média histórica mensal¹⁴ do Indicador de Preços ESALQ/BM&Fbovespa, corrigidos pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M). Logo, as receitas operacionais brutas geradas por cada tipo de produto vendido, bem como o total de receita bruta operacional gerada pela lavoura, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. – Receita Operacional Bruta (R\$) da lavoura, por ano

Ano	Soja 1º Ano PD	Soja 2º Ano PD	Soja 3º Ano PD	Soja Integração PD	Milho Integração PD	Total
Ano 1	1.383.327	0	0	0	2.027.259	3.410.587
Ano 2	0	1.537.030	0	0	1.201.331	2.738.361
Ano 3	0	768.515	922.218	0	1.276.423	2.967.156
Ano 4	0	0	922.218	999.070	1.276.423	3.197.711
Ano 5	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 6	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 7	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 8	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 9	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 10	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 11	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 12	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 13	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 14	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 15	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 16	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 17	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 18	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 19	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562
Ano 20	0	0	0	1.998.140	1.276.423	3.274.562

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 143 e 144).

¹³ No estudo elaborado pelo Senar (2013, p. 143), os preços das sacas de soja e de milho integração foram, respectivamente, R\$ 51,39 e R\$ 26,64. Segundo o Senar (2013, p. 12), esses preços foram obtidos, considerando a região do Planalto Central, utilizando a média histórica mensal do Indicador de Preços ESALQ/BM&Fbovespa, corrigidos para o Valor Presente Líquido, utilizando IGPm com taxa.

¹⁴ Para definir o preço da soja, foi realizada a média (entre março/2006 e outubro/2016) dos preços reais da soja Paranaguá (Indicador de preços da soja ESALQ/BMF&Bovespa - Paranaguá - <http://cepea.esalq.usp.br/soja/>). Para definir o preço do milho, foi realizada a média (entre julho/2004 e outubro/2016) dos preços reais do milho (Indicador de preços do milho ESALQ/BMF&Bovespa - <http://cepea.esalq.usp.br/milho/>). Os indicadores foram deflacionados pelo IGP-M (valores de outubro/2016).

Além das receitas operacionais brutas, é necessário calcular os custos operacionais da lavoura. De acordo com Limeira et al. (2008, p. 45), os custos operacionais¹⁵ podem ser definidos como os custos necessários ao funcionamento da empresa, que estão associadas às atividades principais e secundárias, ou seja, são custos que a empresa deve suportar para colocar a atividade em exercício.

No caso da lavoura em questão, para esse estudo, o custo operacional pode ser definido como a soma do custo de produção de cada produto (soja e milho integração) com as despesas operacionais da lavoura.

O custo de produção é o custo incorrido diretamente na produção da atividade fim do negócio, que, no caso, é a produção de soja e milho. Assim, no custo de produção estão incluídos os gastos em sementes, fertilizantes, produtos para correção do solo, dentre outros.

Para calcular os custos de produção de cada atividade foi estabelecido um valor do custeio por hectare de cada uma dos produtos para todos os anos. O custeio por hectare foi aqui definido como constante para qualquer tempo, assim como foi adotado no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 143). Os custeios por hectare utilizados nas projeções dessa dissertação foram:

- a) para Soja 1º Ano PD, o custeio por hectare adotado foi de R\$ 2.351,46 para cada um dos anos do projeto;
- b) para Soja 2º Ano PD, o custeio por hectare adotado foi de R\$ 2.317,08 para cada um dos anos do projeto;
- c) para Soja 3º Ano PD, o custeio por hectare adotado foi de R\$ 2.333,79 para cada um dos anos do projeto;
- d) para Soja Integração PD, o custeio por hectare adotado foi de R\$ 2.287,67 para cada um dos anos do projeto; e
- e) para Milho Integração PD, o custeio por hectare adotado foi de R\$ 2.834,97 para cada um dos anos do projeto¹⁶.

¹⁵ Limeira et al. (2008, p. 45) define os custos operacionais como despesas operacionais. No entanto, será mantida nesse trabalho, sempre que possível, a nomenclatura utilizada no trabalho do Senar (2013).

¹⁶ No estudo do Senar (2013, p. 143), foram utilizados os seguintes custeios por hectare: R\$ 1.572,40 para Soja 1º Ano PD; R\$ 1.549,81 para Soja 2º Ano PD; R\$ 1.560,59 para Soja 3º Ano PD; R\$ 1.529,75 para Soja Integração e R\$ 2.026,82 para Milho Integração. Para atualizar o custeio por hectare, foi considerado um fator multiplicativo entre o custeio por hectare e o preço de cada produto adotado pelo Senar (2013, p. 143), sendo esse fator multiplicado pelo preço atual do produto em questão. Por exemplo, a relação entre o custeio por hectare da Soja 1º Ano (R\$ 1.572,40) e o preço da soja (R\$ 51,39 por saca) utilizados pelo Senar (2013, p. 143) é de 30,60, logo, esse fator foi

Por sua vez, o custo de manutenção de benfeitorias da lavoura utilizado foi de R\$ 1.745,44 por mês (R\$ 20.945,23 por ano)¹⁷.

Os valores dos custos de produção da lavoura encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. – Custo de Produção (R\$) da lavoura, por ano

Ano	Soja 1° Ano PD	Soja 2° Ano PD	Soja 3° Ano PD	Soja Integração PD	Milho Integração PD	Manutenção de Benfeitorias	Total
Ano 1	940.582	0	0	0	1.133.987	20.945	2.095.515
Ano 2	0	926.830	0	0	566.994	20.945	1.514.769
Ano 3	0	463.415	466.759	0	566.994	20.945	1.518.113
Ano 4	0	0	466.759	457.535	566.994	20.945	1.512.233
Ano 5	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 6	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 7	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 8	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 9	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 10	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 11	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 12	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 13	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 14	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 15	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 16	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 17	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 18	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 19	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009
Ano 20	0	0	0	915.070	566.994	20.945	1.503.009

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 143 e 144).

Já as despesas operacionais da lavoura são aqueles gastos incorridos para dar suporte à atividade fim, e não diretamente na produção. Assim como foi realizado no trabalho do Senar (2013, p. 143 e 144), as únicas despesas consideradas na lavoura serão a de administração geral e de depreciação do ativo.

A despesa incorrida em administração geral considerada, em cada mês, foi de R\$ 18.667,77 (R\$ 224.013,20 por ano)¹⁸ e a despesa com depreciações seguiu a taxa média anual¹⁹ de depreciação considerada pelo Senar, em relação ao total de investimentos realizados na lavoura. Os valores, por ano, incorridos nas despesas operacionais encontram-se na Tabela 7.

multiplicado pelo preço (R\$ 76,85 por saca) atualizado da soja utilizado nessa dissertação, resultando em um custeio de produção de R\$ 2.351,46 por hectare. O mesmo foi realizado para os demais produtos de soja e de milho.

¹⁷ O custo de manutenção de benfeitorias utilizado nos cálculos desse trabalho utilizou o valor considerado pelo Senar (2013, p. 143) (R\$ 1.402,50 por mês) atualizado para valores de outubro/2016, através do IGP-DI.

¹⁸ Esse valor é igual ao valor (R\$ 15.000 por mês ou R\$ 180.000 por ano) considerado pelo Senar (2013, p. 143 e 144), atualizado para valores de outubro/2016, pelo IGP-DI.

¹⁹ Essas taxas médias de depreciação dos ativos da lavoura não estão explicitamente indicadas no relatório do Senar (2013, p. 143 e 144), mas foram estimadas de acordo com o valor considerado na depreciação de cada ano e o total de investimentos. Sendo que, para o ano 1, a taxa de depreciação dos investimentos foi de 2,2%, no ano 2 foi de 2,8% e a partir do ano 3 foi de 5,4%.

Tabela 7. – Despesas operacionais anuais (R\$) da lavoura, por ano

Ano	Despesas com Administração Geral	Depreciações	Despesas Totais
Ano 1	224.013	48.507	272.521
Ano 2	224.013	72.761	296.774
Ano 3	224.013	145.522	369.536
Ano 4	224.013	145.522	369.536
Ano 5	224.013	145.522	369.536
Ano 6	224.013	145.522	369.536
Ano 7	224.013	145.522	369.536
Ano 8	224.013	145.522	369.536
Ano 9	224.013	145.522	369.536
Ano 10	224.013	145.522	369.536
Ano 11	224.013	145.522	369.536
Ano 12	224.013	145.522	369.536
Ano 13	224.013	145.522	369.536
Ano 14	224.013	145.522	369.536
Ano 15	224.013	145.522	369.536
Ano 16	224.013	145.522	369.536
Ano 17	224.013	145.522	369.536
Ano 18	224.013	145.522	369.536
Ano 19	224.013	145.522	369.536
Ano 20	224.013	145.522	369.536

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 143 e 144).

A partir dos custos de produção da lavoura com as despesas operacionais, os custos operacionais são alcançados, conforme constam na Tabela 8.

Além da receita operacional bruta e o custo operacional da lavoura, é preciso calcular os investimentos necessários para a atividade operar. É importante ressaltar que, para essa dissertação, os valores dos investimentos em ativos, como máquinas, equipamentos e veículos, para a lavoura, em cada ano do projeto, seguiram as mesmas proporções utilizadas no estudo do Senar (2013, p. 145 e 146).

Ou seja, o investimento (R\$ 2.170.599,00) realizado na lavoura do sistema iLP do modelo do Senar (2013, p. 145) foi atualizado até outubro de 2016, através do IGP-DI (R\$ 2.701.349,02). E foi considerado que seria realizado no primeiro ano 82,3% do investimento total, no segundo ano seria realizado 15,1% do investimento total e no terceiro ano seria realizado 2,6% do investimento total.

Assim, considerando, nessa dissertação, que o total investido na lavoura seria de R\$ 2.701.349,02, tem-se que no primeiro ano seria investido na lavoura R\$

2.222.950,17, no segundo ano seria investido R\$ 407.228,62 e no terceiro ano seria investido R\$ 71.170,24.

Tabela 8. – Custo de Produção, Despesas Operacionais e Custo Operacional da Lavoura, em cada ano (R\$)

Ano	Custo de Produção	Despesas Totais	Custo Operacional
Ano 1	2.095.515	272.521	2.368.036
Ano 2	1.514.769	296.774	1.811.544
Ano 3	1.518.113	369.536	1.887.649
Ano 4	1.512.233	369.536	1.881.769
Ano 5	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 6	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 7	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 8	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 9	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 10	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 11	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 12	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 13	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 14	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 15	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 16	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 17	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 18	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 19	1.503.009	369.536	1.872.545
Ano 20	1.503.009	369.536	1.872.545

Fonte: Elaboração própria, baseado em Senar (2013, p. 143 e 144).

Além do investimento em ativos, será considerada a necessidade de investimento em custeio associado para a lavoura. O custeio associado é a parcela do financiamento que será utilizado com gastos destinados a viabilizar a produção inicial, tais como compra de insumos (sementes, fertilizantes, adubo, herbicidas, inseticidas, entre outros) e contratação de serviços (adubação, tratamento de sementes, aplicação de herbicidas, entre outros).

Como foi visto anteriormente, pode-se financiar o custeio associado limitando até 40% do valor total financiado. Logo, seguindo o que foi realizado pelo Senar (2013, p. 145), considerou-se que, do total financiado, 38,85% foi destinado ao custeio associado do primeiro ano. Ou seja, para os cálculos realizados nessa dissertação, o valor do custeio associado do primeiro ano é igual a R\$ 1.412.291,32.

Além dos investimentos em ativos e em custeio associado, será considerada a necessidade de reinvestimentos na atividade de lavoura durante a vida do projeto, que devem ser realizados com capital próprio.

Assim, mantendo o que foi realizado pelo Senar (2013, p. 8), será considerado que, a cada 10 anos, será necessário o reinvestimento em máquinas, equipamentos e veículos, além do reinvestimento em gessagem. Além disso, a cada 5 anos, será necessário o reinvestimento em calagem.

Dessa forma, nos anos 6 e 16, serão realizados reinvestimentos em calagem, no valor de R\$ 237.234,96. No ano 11, serão realizados reinvestimentos em máquinas, equipamentos, veículos, gessagem e calagem, no valor de R\$ 1.771.013,50²⁰.

A partir disso, com a receita operacional bruta, o custo operacional da lavoura e os investimentos calculados, é possível fazer o FCD da Lavoura, conforme sistematizado Quadro 3, visto anteriormente.

Assim, o seguinte passo para calcular a viabilidade econômica da lavoura no sistema iLP, é calcular a margem de contribuição, para cada ano. Como foi evidenciado anteriormente, a margem de contribuição pode ser calculada pela diferença entre as receitas operacionais brutas e o custo de produção da lavoura.

Após o cálculo da margem de contribuição, o passo seguinte é calcular o lucro bruto. Para calcular o lucro bruto é preciso descontar da margem de contribuição as despesas operacionais e o pagamento de juros que foi cobrado pelo financiamento (a uma taxa de 8,5% ao ano), descontadas as amortizações realizadas até o ano em questão.

Em relação à amortização, no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 8), bem como para essa dissertação, foi considerado que o prazo de pagamento do financiamento para os projetos de lavoura é de 8 (oito) anos, sendo que 3 (três) desses anos são referentes ao período de carência.

Após o cálculo do lucro bruto, deve-se calcular o lucro líquido. Para isso, basta deduzir do lucro bruto os impostos devidos. Os impostos aqui considerados são os mesmos considerados pelo Senar (2013, p. 14): Funrural (2,1%), Taxa Senar

²⁰ Para chegar nesses valores de reinvestimentos, foram utilizados os valores considerados pelo Senar (2013, p. 145 e 146), atualizados pelo IGP-DI. Os valores considerados para os reinvestimentos nos cálculos do Senar (2013, p. 145 e 146) foram: R\$ 190.624 para os anos 6 e 16 e de R\$ 1.423.052 para o ano 11.

(0,2%) e Imposto de Renda (tributação de acordo com o lucro bruto obtido, conforme foi visualizado anteriormente, na Tabela 1).

O imposto pago ao Senar e a ao Funrural são calculados sobre a receita operacional bruta da lavoura. Já o imposto de renda é calculado sobre o lucro bruto da lavoura, que é calculado seguindo a tabela de tributação ou tributando 20% da receita operacional bruta seguindo também a tabela de tributação.

Após o cálculo do lucro líquido da lavoura, é necessário calcular o Fluxo de Caixa Operacional (FCO). O FCO é igual ao lucro líquido, mais as depreciações, menos os reinvestimentos. Além disso, no último ano do projeto, é somado ao FCO o valor residual dos investimentos na lavoura.

Assim como foi feito pelo Senar (2013, p. 8), será considerado que o valor residual dos fatores de produção será incorporado no fluxo de caixa, no vigésimo ano, para o cálculo dos índices econômicos. Assim, para o cálculo do valor residual dos investimentos da lavoura, considerou-se a mesma proporção utilizada pelo Senar (2013, p. 146). Isto é, no ano 20, o Senar (2013, p. 146) incorporou 24,1% do total do investimento em ativos ao FCO da lavoura, assim, o mesmo foi realizado nesse trabalho. Logo, no vigésimo ano do projeto, foi incorporado ao FCO da lavoura o valor residual de R\$ 651.067,11.

Após o cálculo do FCO, é possível calcular o Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOL). Para isso, basta deduzir do FCO a amortização do financiamento da lavoura.

Por fim, o último passo para analisar a viabilidade econômica é o cálculo do retorno econômico em cada ano. Para calcular o retorno econômico, basta adicionar ao FCOL da lavoura a depreciação de ativos da atividade.

A partir do cálculo do retorno econômico da lavoura é possível analisar a viabilidade econômica da lavoura no sistema iLP, no cenário base. Para isso, foi calculado o VPL da lavoura, que resultou em um valor positivo, de R\$ 1.570.135,88.²¹

Além do cálculo do VPL, foi calculada a TIR-M, resultou em 12,92%, considerando a taxa de desconto intertemporal igual à taxa de financiamento do ABC BNDES (8,5% a.a.), sendo essa a TMA adotada no projeto, e uma taxa de reinvestimento de 13,5%. A TIR-M ficou acima da TMA (8,5%), corroborando o

²¹ A tabela com a análise de viabilidade econômica da lavoura encontra-se no Apêndice C desse estudo.

resultado do VPL. Logo, com as premissas e hipóteses adotadas, a lavoura do sistema iLP apresenta viabilidade econômica²².

O próximo passo será o de analisar a viabilidade econômica da pecuária no sistema iLP adotado na fazenda representativa no bioma Cerrado.

5.2. Análise de Viabilidade Econômica da Pecuária no Cenário Base

Como foi visto anteriormente, no modelo adotado pelo Senar (2013, p. 23), assim como no modelo adotado para essa dissertação, considerou que no já no primeiro ano de projeto, na primeira seca, seriam introduzidos os animais, visto que a área de milho ficaria disponível para a pastagem. A partir do primeiro ano, a propriedade ficaria dividida em 4 áreas de 200 hectares, que seguirá a rotação de dois anos de soja, um ano de milho integração e um ano de pastagem.

Ou seja, de acordo com o estudo do Senar, a propriedade terá duas áreas de soja, uma área de milho e uma área de pastagem no período das águas. Dessa forma, para todos os anos da projeção, a área destinada à atividade pecuária foi de 200 hectares, com exceção do primeiro ano que não há uma área destinada exclusivamente para pecuária, sendo que nesse ano, no período da seca, a pastagem se apropriaria da área do milho.

Além disso, segundo o Senar (2013, p. 23), como o milho integração se converte em pastagem na seca, a área de capim dobra nesse período, e a taxa de lotação diminui pela metade no período das águas, sem considerar a disponibilidade das áreas de soja. Assim, de acordo com o Senar (2013, p. 23), com o manejo de fertilidade de solos, a taxa lotação considerada foi de 4 UA por hectare nas águas e 2 UA por hectare na seca. Essas premissas foram mantidas para as análises realizadas nessa dissertação.

Para calcular a viabilidade econômica da pecuária no iLP, foi necessário estimar a evolução do rebanho bovino, ou seja, foi necessário calcular a quantidade de cabeças de bezerros, de novilhos de 1 a 2 anos e de novilhos de 2 a 3 anos, e da

²² A TIR não foi calculada, pois os retornos de caixa da lavoura apresentaram mais de uma inversão de sinal e, conforme explicado no Apêndice B dessa dissertação, em casos assim, o cálculo da TIR não é indicado, uma vez que poderá ter mais de uma resposta.

UA do rebanho todo. É importante ressaltar que, nessa fazenda representativa, foi considerada a bovinicultura de corte (recria e engorda) apenas de bovinos machos.

Todas as equações utilizadas para calcular o número de cabeças do rebanho encontram-se no Apêndice B, sendo separadas em bovinos presentes no início do ano, bovinos adquiridos durante o ano, bovinos perdidos durante o ano, bovinos vendidos e bovinos presentes no fim de cada ano.

No entanto, é válido ressaltar que, para calcular o número de cabeças de bezerros e novilhos, foi considerado que, no início do primeiro ano, para dar início à atividade pecuária foram adquiridas 400 cabeças de bezerros, 400 cabeças de novilhos de 1 a 2 anos e nenhuma cabeça de novilhos de 2 a 3 anos.

Além disso, nesse estudo, assim como no trabalho do Senar (2013, p. 147 e 148), para calcular o número de cabeças de bovinos presentes no início de cada ano, foi considerado igual à zero, o número de cabeças de bezerros no início do ano, para todos os anos, exceto para o ano 1. Isso ocorre porque todo bezerro do final do ano, que não foi perdido ou vendido, vira novilho de 1 a 2 anos no início do próximo ano.

Do mesmo modo, todo novilho de 1 a 2 anos, que não foi vendido ou perdido durante o ano, torna-se, no ano seguinte, um novilho de 2 a 3 anos. Logo, o número de cabeças de novilhos de 1 a 2 anos considerado no início de cada ano é igual ao número de cabeças de bezerros no final do ano anterior. Além disso, o número de cabeças de novilhos de 2 a 3 anos no início de cada ano é igual ao número de cabeças de novilhos de 1 a 2 anos no fim do ano anterior.

Assim, o número de cabeças de bovinos no início de cada ano está apresentado na Tabela 9.

Tabela 9. – Rebanho no Início do Ano, por ano (cabeças)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0	400	400
Ano 2	296	392	0
Ano 3	232	0	0
Ano 4	124	198	0
Ano 5	177	198	0
Ano 6	138	198	0
Ano 7	138	198	0
Ano 8	138	198	0
Ano 9	138	198	0
Ano 10	138	198	0
Ano 11	138	198	0
Ano 12	138	198	0
Ano 13	138	198	0
Ano 14	138	198	0
Ano 15	138	198	0
Ano 16	138	198	0
Ano 17	138	198	0
Ano 18	138	198	0
Ano 19	138	198	0
Ano 20	138	198	0

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

Para calcular o número de cabeças de bovinos adquiridas durante o ano, deve-se levar em conta a taxa de lotação (em UA/hectare) adotada e a participação²³ de cada tipo de bovino da UA total que o empresário pretende ter na sua fazenda, bem como descontar quantas UA estavam presentes no início do ano (visto anteriormente).

Assim, as taxas de lotação e as participações de cada tipo de bovino no total de UA, consideradas nos cálculos realizados nesse estudo seguiram as premissas adotadas pelo Senar (2013, p. 147), e estão presentes na Tabela 10. O número de cabeças adquiridas, em cada ano, para a atividade pecuária estão apresentadas na Tabela 11.

²³ Essas participações dos tipos de bovinos no total da UA não estão explicitamente apresentadas no trabalho do Senar (2013), mas foram estimadas através dos valores utilizados pelos autores nos cálculos realizados, por meio de aproximações por tentativa e erro.

Tabela 10. – Taxa de lotação (UA/hectare) e participação de cada tipo de bovino no total da UA, por ano

Ano	Taxa de Lotação	Participação de Bezerros na UA	Participação de Novilhos de 1 a 2 anos na UA	Participação de Novilhos de 2 a 3 anos na UA
Ano 1	2,4	31,8%	68,2%	0,0%
Ano 2	3,1	0,0%	50,9%	49,1%
Ano 3	3,6	10,6%	28,5%	62,9%
Ano 4	4,0	9,4%	45,2%	48,1%
Ano 5	4,1	9,2%	39,3%	54,0%
Ano 6	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 7	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 8	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 9	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 10	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 11	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 12	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 13	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 14	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 15	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 16	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 17	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 18	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 19	4,0	9,4%	40,2%	50,1%
Ano 20	4,0	9,4%	40,2%	50,1%

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147).

Tabela 11. – Aquisição de Rebanho, por ano (cabeças)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0	0	0
Ano 2	0	0	0
Ano 3	200	250	200
Ano 4	250	250	200
Ano 5	250	200	200
Ano 6	250	200	200
Ano 7	250	200	200
Ano 8	250	200	200
Ano 9	250	200	200
Ano 10	250	200	200
Ano 11	250	200	200
Ano 12	250	200	200
Ano 13	250	200	200
Ano 14	250	200	200
Ano 15	250	200	200
Ano 16	250	200	200
Ano 17	250	200	200
Ano 18	250	200	200
Ano 19	250	200	200
Ano 20	250	200	200

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

Para calcular o número de cabeças do rebanho perdidas em cada ano, foram consideradas as mesmas taxas de mortalidade²⁴ consideradas no Senar (2013, p. 147 e 148) e são apresentadas na Tabela 12. O número de cabeças perdidas durante cada ano está apresentada na Tabela 13.

Tabela 12. – Taxa de mortalidade, por ano (%)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0,68%	1,50%	2,00%
Ano 2	0,68%	1,28%	1,00%
Ano 3	0,23%	1,20%	1,00%
Ano 4	0,00%	1,12%	1,00%
Ano 5	0,23%	1,01%	1,00%
Ano 6	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 7	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 8	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 9	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 10	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 11	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 12	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 13	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 14	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 15	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 16	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 17	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 18	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 19	0,26%	1,01%	1,00%
Ano 20	0,26%	1,01%	1,00%

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

²⁴ Essas taxas de mortalidade não estão explicitamente apresentadas no trabalho do Senar (2013), mas foram estimadas através dos valores utilizados pelos autores nos cálculos realizados, por meio de aproximações por tentativa e erro. Essas taxas de mortalidade são aplicadas na soma entre total de cabeças do início do ano e cabeças adquiridas durante o ano.

Tabela 13. – Perda de Rebanho, por ano (cabeças)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0	6	8
Ano 2	2	5	0
Ano 3	1	3	2
Ano 4	0	5	2
Ano 5	1	4	2
Ano 6	1	4	2
Ano 7	1	4	2
Ano 8	1	4	2
Ano 9	1	4	2
Ano 10	1	4	2
Ano 11	1	4	2
Ano 12	1	4	2
Ano 13	1	4	2
Ano 14	1	4	2
Ano 15	1	4	2
Ano 16	1	4	2
Ano 17	1	4	2
Ano 18	1	4	2
Ano 19	1	4	2
Ano 20	1	4	2

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

Para calcular quantas cabeças foram vendidas durante cada ano do projeto, foram consideradas as mesmas premissas adotadas pelo Senar (2013, p. 147 e 148). Assim, considerou-se que nenhuma cabeça de bezerro seria vendida em cada um dos anos e que todas as cabeças de novilhos de 2 a 3 anos serão vendidas no final de cada ano.

Além disso, considerou-se que a venda de novilhos de 1 a 2 anos será proporcional à taxa de precocidade (ou taxa de maturação)²⁵ do rebanho. A taxa de precocidade adotada nesse estudo, bem como no estudo do Senar (2013, p. 147) estão apresentadas na Tabela 14. O número de cabeças vendidas durante cada ano está apresentada na Tabela 15.

²⁵ Segundo Contini (2015, p. 32), a taxa de maturação é o indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu peso adulto, ou seja, é a mudança de peso em relação ao peso do animal e à maturidade.

Tabela 14. – Taxa de precocidade dos novilhos de 1 a 2 anos (%)

Ano	Taxa de Precocidade
Ano 1	25%
Ano 2	40%
Ano 3	50%
Ano 4	60%
Ano 5	65%
Ano 6	65%
Ano 7	65%
Ano 8	65%
Ano 9	65%
Ano 10	65%
Ano 11	65%
Ano 12	65%
Ano 13	65%
Ano 14	65%
Ano 15	65%
Ano 16	65%
Ano 17	65%
Ano 18	65%
Ano 19	65%
Ano 20	65%

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147).

Tabela 15. – Vendas de Rebanho, por ano (cabeças)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0	99	0
Ano 2	293	155	0
Ano 3	431	124	0
Ano 4	374	266	0
Ano 5	426	256	0
Ano 6	387	256	0
Ano 7	387	256	0
Ano 8	387	256	0
Ano 9	387	256	0
Ano 10	387	256	0
Ano 11	387	256	0
Ano 12	387	256	0
Ano 13	387	256	0
Ano 14	387	256	0
Ano 15	387	256	0
Ano 16	387	256	0
Ano 17	387	256	0
Ano 18	387	256	0
Ano 19	387	256	0
Ano 20	387	256	0

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

A partir desses valores, o número de cabeças do rebanho no final de cada ano é alcançado, somando as cabeças do início do ano com as cabeças adquiridas

subtraindo as perdas e as vendas ocorridas durante o ano. Dessa forma, o número de cabeças do rebanho no final de cada ano está apresentado na Tabela 16.

Tabela 16. – Rebanho no final do ano, por ano (cabeças)

Ano	De 2 a 3 anos	De 1 a 2 anos	Bezerros
Ano 1	0	296	392
Ano 2	0	232	0
Ano 3	0	124	198
Ano 4	0	177	198
Ano 5	0	138	198
Ano 6	0	138	198
Ano 7	0	138	198
Ano 8	0	138	198
Ano 9	0	138	198
Ano 10	0	138	198
Ano 11	0	138	198
Ano 12	0	138	198
Ano 13	0	138	198
Ano 14	0	138	198
Ano 15	0	138	198
Ano 16	0	138	198
Ano 17	0	138	198
Ano 18	0	138	198
Ano 19	0	138	198
Ano 20	0	138	198

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

A partir do cálculo do número de cabeças do rebanho, é possível calcular as UA correspondentes. A UA é uma medida para padronizar os pesos dos animais do rebanho, ou seja, sintetiza quanto cada animal (bezerro ou novilho de 1 a 2 anos) representa de um novilho adulto (novilhos de 2 a 3 anos), em peso.

Mantendo o que foi adotado pelo Senar (2013, p. 16), um novilho médio de 1 a 2 anos representa 81% do peso de um novilho de 2 a 3 anos, e um bezerro representa 38% do peso de um novilho médio de 2 a 3 anos.

A partir disso, é possível calcular quanto o rebanho calculado anteriormente equivale em UA. É importante ressaltar que a UA será utilizado no cálculo do custo de produção, mais adiante. A Tabela 17 apresenta os valores de UA para cada ano.

Tabela 17. – Rebanho, por ano (UA)

Ano	Início do Ano	Aquisição	Perdas	Vendas	Final do Ano
Ano 1	474	0	8	80	387
Ano 2	622	0	6	428	188
Ano 3	240	484	4	545	174
Ano 4	288	536	5	601	218
Ano 5	343	495	5	647	186
Ano 6	303	495	5	607	186
Ano 7	303	495	5	607	186
Ano 8	303	495	5	607	186
Ano 9	303	495	5	607	186
Ano 10	303	495	5	607	186
Ano 11	303	495	5	607	186
Ano 12	303	495	5	607	186
Ano 13	303	495	5	607	186
Ano 14	303	495	5	607	186
Ano 15	303	495	5	607	186
Ano 16	303	495	5	607	186
Ano 17	303	495	5	607	186
Ano 18	303	495	5	607	186
Ano 19	303	495	5	607	186
Ano 20	303	495	5	607	186

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 147 e 148).

A partir do cálculo do número de cabeças do rebanho, é possível calcular a receita operacional da atividade pecuária. A receita operacional bruta²⁶ da pecuária é composta pela venda de novilhos de 1 a 2 anos e de 2 a 3 anos. Para saber quanto de receita operacional bruta a venda de rebanho gera, é necessário saber qual é o preço de venda desses produtos.

Para os cálculos realizados nesse trabalho, o preço do novilho considerado foi de R\$ 133,47 por arroba. Esse preço foi obtido, considerando a média histórica mensal²⁷ do Indicador de Preços ESALQ/BM&Fbovespa, corrigidos pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M)²⁸.

Para calcular o peso do rebanho em arrobas, basta multiplicar a quantidade de cabeças vendidas pelo peso médio do rebanho. Como premissa, tanto para essa dissertação como no estudo do Senar (2013, p. 147), foi considerado que um novilho de 1 a 2 anos tem um peso médio de 16 arrobas, enquanto um novilho de 2 a 3 anos tem um peso médio de 18 arrobas. Assim, para

²⁶ No trabalho do Senar (2013, p. 149), foi somado à receita operacional da pecuária do primeiro ano o valor do custeio associado (R\$ 110.649,60). No entanto, nesse trabalho, isso não será feito, uma vez que o autor entende que o custeio associado deva entrar apenas como financiamento, e não como receita operacional.

²⁷ Para definir o preço da arroba, foi realizada a média (entre julho/1997 e outubro/2016 – último dia de cada mês) do preço da arroba no mercado à vista (com Funrural) (Indicador de preços ESALQ/BMF&Bovespa - <http://cepea.esalq.usp.br/boi/#>). Os indicadores foram deflacionados pelo IGP-M (valores de outubro/2016).

²⁸ Na análise realizada pelo Senar (2013, p. 149 e 150), o preço do novilho considerado foi de R\$ 91,83 por arroba.

calcular a receita operacional bruta da pecuária basta multiplicar o peso do rebanho vendido pelo preço de venda desse rebanho. A Tabela 18 mostra a receita operacional bruta da pecuária de cada ano.

Tabela 18. – Receita Operacional Bruta da Venda de Novilhos, por ano (em R\$)

Ano	Novilhos 2 a 3 anos			Novilhos 1 a 2 anos			Total (R\$)
	Preço (R\$/@)	Peso (@)	Valor (R\$)	Preço (R\$/@)	Peso (@)	Valor (R\$)	
Ano 1	133,47	0	0	133,47	1.576	210.344	210.344
Ano 2	133,47	5.283	705.099	133,47	2.477	330.571	1.035.670
Ano 3	133,47	7.762	1.035.918	133,47	1.976	263.731	1.299.649
Ano 4	133,47	6.723	897.300	133,47	4.253	567.609	1.464.909
Ano 5	133,47	7.672	1.023.906	133,47	4.098	546.895	1.570.801
Ano 6	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 7	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 8	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 9	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 10	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 11	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 12	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 13	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 14	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 15	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 16	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 17	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 18	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 19	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382
Ano 20	133,47	6.964	929.486	133,47	4.098	546.895	1.476.382

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 149 e 150).

Além do cálculo da receita operacional bruta da pecuária, é necessário calcular os custos operacionais da atividade. Os custos operacionais da pecuária são calculados através da soma dos custos de produção e das despesas operacionais.

Os custos de produção da pecuária são os custos incorridos na compra de sal mineral, mistura múltipla²⁹ para gado na seca e nas águas, aquisição de bezerros, aquisição de bezerros e novilhos, ração animal para novilhos, medicação e vermífugos, gerente, mão de obra, semente de Braquiária, energia elétrica, manutenção, benfeitorias e equipamentos e rastreador³⁰.

O cálculo das despesas da atividade pecuária, por sua vez, é dado pela soma entre a despesa incorrida na administração geral e a depreciação dos investimentos. Foi considerado, portanto, que o preço da administração geral da pecuária é de R\$ 6.222,59 por mês (ou R\$ 74.671,07 por ano)³¹.

²⁹ Mistura múltipla é um suplemento alimentar.

³⁰ Os preços de cada produto, bem como as quantidades compradas estão apresentadas no Apêndice B dessa dissertação, juntamente com as equações utilizadas.

³¹ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o gasto mensal com administração geral considerado foi de R\$ 5.000,00 (ou R\$ 60.000,00 por ano). Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor mensal de R\$ 6.222,59 (ou R\$ 74.671,07 por ano), sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

Para calcular a despesa com depreciação dos investimentos em capital realizados na pecuária, foi considerada a taxa média anual de depreciação considerada pelo Senar (2013, p. 149 e 150)³², que foi de 1,5% no primeiro ano, 1,2% no segundo ano e de 1,0% a partir do terceiro ano. Essas taxas foram aplicadas no total investido em capital em cada ano da pecuária.

Assim, com os custos de produção e com as despesas operacionais calculados, tem-se os custos operacionais da pecuária, conforme evidencia a Tabela 19.

Tabela 19. – Custo de Produção, Despesas e Custos Operacionais da Pecuária, por ano (em R\$)

Ano	Custos de Produção	Despesas	Custos Operacionais
Ano 1	142.071	89.451	231.521
Ano 2	172.007	89.451	261.458
Ano 3	1.031.613	89.451	1.121.064
Ano 4	1.126.131	89.451	1.215.582
Ano 5	1.063.894	89.451	1.153.345
Ano 6	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 7	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 8	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 9	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 10	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 11	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 12	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 13	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 14	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 15	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 16	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 17	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 18	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 19	1.057.917	89.451	1.147.368
Ano 20	1.057.917	89.451	1.147.368

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Senar (2013, p. 149 e 150).

É importante ressaltar que os valores dos investimentos anuais seguiram as mesmas proporções utilizadas no estudo do Senar (2013, p. 151 e 152). Ou seja, o investimento (R\$ 1.233.800) realizado na pecuária do sistema iLP do modelo do Senar (2013, p. 151) foi atualizado até outubro de 2016, através do IGP-DI (R\$ 1.535.486,02). E foi considerado que seria realizado no primeiro ano 66,3% do

³² Essas taxas médias de depreciação dos ativos da pecuária não estão explicitamente indicadas no relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), mas foram estimadas de acordo com o valor considerado na depreciação de cada ano e o total de investimentos na pecuária.

investimento total, no segundo ano seria realizado 14,4% do investimento total e no terceiro ano seria realizado 19,3% do investimento total.

Assim, considerando, nessa dissertação, que o total investido na pecuária seria de R\$ 1.556.313,75, tem-se que no ano 1 o investimento seria de R\$1.018.189,77, no ano 2 seria de R\$ 221.698,40, no ano 3 seria de R\$ 295.597,86, e a partir do ano 4 não haveria mais investimento.

O próximo passo é calcular o fluxo de caixa da atividade e, por fim, calcular o seu retorno econômico. Dessa forma, como passo inicial para calcular a viabilidade econômica da pecuária no sistema iLP, é preciso calcular a margem de contribuição da atividade em cada ano. A margem de contribuição pode ser calculada pela diferença entre a receita operacional bruta e o custo de produção da pecuária.

Após o cálculo da margem de contribuição, o passo seguinte é calcular o lucro bruto. Para calcular o lucro bruto é preciso descontar da margem de contribuição as despesas operacionais e o pagamento de juros que foi cobrado pelo financiamento (a uma taxa de 8,5% ao ano), descontadas as amortizações realizadas até o ano em questão.

Em relação à amortização, no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 8), bem como para essa dissertação, foi considerado que o prazo de pagamento do financiamento para os projetos de lavoura é de 8 (oito) anos, sendo que 3 (três) desses anos são referentes ao período de carência.

Após o cálculo do lucro bruto, deve-se calcular o lucro líquido. Para isso, basta deduzir do lucro bruto os impostos devidos. Os impostos aqui considerados são os mesmos considerados pelo Senar (2013, p. 14): Funrural (2,1%), Taxa Senar (0,2%) e Imposto de Renda (tributação de acordo com o lucro bruto obtido, conforme foi visualizado anteriormente, na Tabela 1).

O imposto pago ao Senar e a ao Funrural são calculados sobre a receita operacional bruta da pecuária. Já o imposto de renda é calculado sobre o lucro bruto da pecuária, que é calculado seguindo a tabela de tributação ou tributando 20% da receita operacional bruta seguindo também a tabela de tributação.

Após o cálculo do lucro líquido da pecuária, é necessário calcular o Fluxo de Caixa Operacional (FCO). O FCO é igual ao lucro líquido, mais as depreciações,

menos os reinvestimentos. Além disso, no último ano do projeto, é somado ao FCO o valor residual dos investimentos na pecuária.

Assim como foi feito pelo Senar (2013, p. 8), será considerado que o valor residual dos fatores de produção será incorporado no fluxo de caixa, no vigésimo ano, para o cálculo dos índices econômicos. Assim, para o cálculo do valor residual dos investimentos da pecuária, considerou-se a mesma proporção utilizada pelo Senar (2013, p. 150). Isto é, no ano 20, o Senar (2013, p. 150) incorporou 55,9% do total do investimento em ativos ao FCO da pecuária, assim, o mesmo foi realizado nesse trabalho. Logo, no vigésimo ano do projeto, foi incorporado ao FCO da pecuária o valor residual de R\$ 857.744,79.

Após o cálculo do FCO, é possível calcular o Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOL). Para isso, basta deduzir do FCO a amortização do financiamento da pecuária.

Por fim, o último passo para analisar a viabilidade econômica é o cálculo do retorno econômico em cada ano. Para calcular o retorno econômico, basta adicionar ao FCOL da pecuária depreciação de ativos da atividade. A partir do cálculo do retorno econômico da pecuária, no cenário base, é possível analisar a viabilidade econômica da atividade no sistema iLP. Para isso, foi calculado o VPL da pecuária, que resultou em um valor negativo, de - R\$ 368.857,72³³.

Além do cálculo do VPL, foi calculada a TIR-M, resultou em 9,41%, considerando a taxa de desconto intertemporal igual à taxa de financiamento do ABC BNDES (8,5% a.a.), sendo essa a TMA adotada no projeto, e uma taxa de reinvestimento de 13,5%. A TIR-M ficou muito próxima da TMA (8,5%), mas ainda maior do que a TMA³⁴.

O próximo passo será o de analisar a viabilidade econômica do sistema iLP adotado na fazenda representativa no bioma Cerrado.

³³ A tabela com a análise de viabilidade econômica da pecuária encontra-se no Apêndice C desse estudo.

³⁴ A TIR não foi calculada, pois os retornos de caixa da pecuária apresentaram mais de uma inversão de sinal e, conforme explicado no Apêndice A dessa dissertação, em casos assim, o cálculo da TIR não é indicado, uma vez que poderá ter mais de uma resposta.

5.3. Análise de Viabilidade Econômica do Sistema iLP no Cenário Base

Assim, a partir das análises de viabilidade econômica da lavoura e da pecuária, é possível analisar a viabilidade econômica do sistema iLP como um todo da fazenda representativa do bioma Cerrado.

Para analisar a viabilidade econômica do sistema iLP é necessário apenas somar os cálculos feitos individualmente para a lavoura e para a pecuária. Assim, o resultado econômico do sistema iLP é dado pela soma dos resultados econômicos das atividades calculados separadamente.

A partir do cálculo do retorno econômico do sistema iLP é possível analisar a sua viabilidade econômica. Para isso, foi calculado o VPL do sistema, que resultou em um valor positivo, de R\$ 1.201.278,16³⁵.

Além do cálculo do VPL, foi calculada a TIR-M, que resultou em 11,89%, considerando a taxa de desconto intertemporal igual à taxa de financiamento do ABC BNDES (8,5% a.a.), sendo essa a TMA adotada no projeto, e uma taxa de reinvestimento de 13,50%. A TIR-M ficou acima da TMA (8,5%), corroborando o resultado do VPL. Logo, com as premissas e hipóteses adotadas, o sistema iLP apresenta viabilidade econômica³⁶.

Dessa forma, constata-se que, nas condições adotadas, o sistema iLP apresenta viabilidade econômica no cenário base, sendo que a lavoura contribui positivamente para isso, enquanto que a pecuária contribui negativamente para tal resultado. A partir disso, para saber se esses resultados não foram encontrados por acaso, isto é, devido aos parâmetros adotados discricionariamente, serão realizadas na próxima seção diversas análises de sensibilidade.

³⁵ A tabela com a análise de viabilidade econômica do sistema iLP encontra-se no Apêndice C desse estudo.

³⁶ A TIR não foi calculada, pois os retornos econômicos do sistema iLP apresentaram mais de uma inversão de sinal e, conforme explicado no Apêndice A dessa dissertação, em casos assim, o cálculo da TIR não é indicado, uma vez que poderá ter mais de uma resposta.

6. ANÁLISES DE SENSIBILIDADE

Como foi visto nas seções anteriores, a lavoura se mostrou economicamente viável (VPL positivo), enquanto que a pecuária não demonstrou viabilidade econômica (VPL negativo). A partir da análise de viabilidade econômica da lavoura e da pecuária, foi realizada a análise para o sistema iLP global, que se mostrou viável, sob as condições adotadas.

No entanto, todos os cálculos realizados nas análises anteriores foram feitos adotando algumas premissas, tanto econômicas quanto em relação ao modelo iLP adotado. Assim, como a análise foi baseada em parâmetros escolhidos de forma discricionária, pode ser que os resultados sofram alteração caso esses parâmetros sejam alterados.

Dessa forma, nessa seção será realizada a análise de sensibilidade dos resultados que, basicamente, consiste em alterar uma ou mais premissas adotadas nas análises anteriores (cenário base) e verificar se os resultados se alteram ou se mantêm, ou de outra forma, verificar se os resultados são considerados robustos ou não. Assim, as análises de sensibilidade que serão realizadas nessa seção buscarão responder quatro questões:

1. Quais variáveis mais afetam o retorno do sistema iLP?

Para responder essa questão, buscou-se considerar como a viabilidade econômica do sistema iLP se alteraria caso o valor de uma das variáveis adotadas fosse alterada. Com isso, será possível responder qual variável impacta de forma mais intensa o retorno econômico do sistema iLP, ou seja, será possível identificar quais são as variáveis críticas para o modelo.

Dessa forma, para a maioria das análises de sensibilidade, considerou-se uma alteração de um desvio-padrão (para cima e para baixo) no valor adotado no cenário base para a variável, sendo que esse desvio-padrão foi calculado através da série histórica de cada variável. A partir dessas alterações, verificou-se como o VPL do sistema iLP se alteraria.

É importante ressaltar que, nos casos da taxa de financiamento e da taxa de lotação não foram considerados os desvios-padrões das séries históricas, pois não há séries históricas para essas variáveis. Dessa forma, foram utilizados outros

critérios para fazer a análise de sensibilidade nesses casos, que serão explicados mais adiante.

2. Para as variáveis críticas, assumindo a distribuição observada dos valores dos últimos anos, qual é a probabilidade do iLP ser economicamente viável?

A partir da identificação das variáveis críticas, serão construídos, para cada uma das variáveis, 10.000 cenários, seguindo a distribuição (desvio-padrão) de valores observada na série histórica de cada uma das variáveis críticas. Após a construção desses cenários, será calculada a probabilidade do VPL do sistema iLP ser positivo. Mais uma vez é importante ressaltar que a construção dos cenários para taxa de financiamento e taxa de lotação seguiram outros critérios para a definição do desvio-padrão para a construção dos cenários, os quais serão explicados adiante, quando surgir a necessidade.

Além dessa análise isolada das variáveis críticas, considerou-se as variáveis que apresentaram os maiores desvios-padrões nos VPLs encontrados nos cenários, e foram feitas essa mesma análise considerando duas variáveis críticas ao mesmo tempo. Ou seja, considerou-se 1.000 cenários para uma variável crítica e outros 1.000 cenários para outra variável crítica, gerando, assim, 1 milhão de cenários para o VPL. A partir disso, foi realizada a análise de probabilidade de o VPL do sistema iLP ser positivo.

3. Qual é o intervalo de retorno mais frequente obtido pelo iLP nos cenários gerados para cada uma das variáveis?

A partir dos cenários construídos para responder a pergunta 2, vista anteriormente, é possível responder qual é o intervalo de retorno mais frequente obtido pelo sistema iLP, para cada uma das variáveis críticas.

Para isso, considerando os cenários adotados, verificou-se qual foi o VPL médio e qual foi o desvio-padrão dos VPLs encontrados. A partir disso, calculou-se a probabilidade de o VPL estar entre um desvio-padrão para cima e um desvio-padrão para baixo da média, além de identificar qual é esse intervalo de VPL.

4. Das variáveis críticas, a partir de qual ponto o sistema iLP passa a ser economicamente viável?

A partir dos cenários construídos para responder a questão 2, foi possível responder, considerando cada uma das variáveis críticas, a partir de qual ponto o sistema iLP passa a ser economicamente viável. Para isso, os VPLs encontrados a partir dos cenários construídos foram organizados do menor para o maior, e verificou-se o valor de cada variável crítica que tornava o VPL do sistema iLP positivo ou negativo.

Dessa forma, considerando as questões que se quer responder, nas próximas seções, as análises de sensibilidade serão mais detalhadamente explicadas. Por fim, a partir das análises de sensibilidades, serão realizadas as conclusões desse estudo.

6.1. Quais variáveis mais afetam o retorno do sistema iLP?

Para realizar a análise de sensibilidade é preciso, em primeiro lugar, verificar quais são as variáveis críticas do modelo, ou seja, quais são as variáveis que, se alteradas, provocam um maior efeito na TIR-M ou no VPL. De acordo com a Comissão Europeia (2003, p. 42), como foi visto anteriormente, os critérios utilizados para a escolha das variáveis críticas diferem de acordo com o projeto analisado e devem ser avaliadas com rigor em cada caso.

Portanto, algumas das principais variáveis do sistema iLP proposto nessa dissertação serão analisadas, com o objetivo de saber quais são as variáveis que mais impactam os resultados de viabilidade econômica. Para isso, foram consideradas as seguintes variáveis: (i) taxa de financiamento; (ii) preço do milho; (iii) preço do novilho; (iv) produtividade da soja integração; (v) produtividade do milho integração; (vi) custo de produção do milho integração; (vii) custo de produção da soja integração; e (viii) taxa de lotação.

Essas variáveis foram escolhidas por dois motivos: econômicos e técnicos. No caso dos preços do milho, dos novilhos e taxa de financiamento, são

variáveis econômicas, que não dependem do produtor. Nos casos das produtividades da soja e do milho, do custo de produção desses produtos e da taxa de lotação da pecuária, são as variáveis que a literatura indica que serão mais impactadas caso o produtor passe de uma produção convencional para uma produção com integração, além de que, os custos de produção também são variáveis que dependem da conjuntura econômica do momento.

6.1.1 Taxa de Financiamento

Assim, o primeiro exercício foi realizado para a taxa de financiamento. A taxa de financiamento considerada nas análises de viabilidade econômica foi de 8,5% ao ano, já que essa é a taxa de juros cobrada pela linha ABC BNDES atualmente.

Dessa forma, quando se considera um aumento de um ponto percentual³⁷ na taxa de financiamento, ou seja, considerando uma taxa de financiamento de 9,5%, o VPL do sistema iLP cairia -64,9%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 421.281. Além disso, quando se considera uma queda de um ponto percentual na taxa de financiamento (7,5%), o VPL do sistema aumentaria 73,9%, alcançando o patamar de R\$ 2.088.609. Ou seja, o retorno econômico do projeto é bem sensível à taxa de juros.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar a taxa de financiamento do sistema para 9,5% ao ano, a TIR-M aumentaria 0,9 pontos percentuais, passando de 11,89% para 11,98% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda na taxa de financiamento para 7,5% ao ano, a TIR-M reduziria – 0,12 pontos percentuais, atingindo o valor de 11,77% ao ano. Como se pode observar, o VPL é muito mais sensível às variações da taxa de financiamento do que a TIR-M.

6.1.2 Preço do Milho

³⁷ Foi considerada essa variação de 1,0 ponto percentual (para cima e para baixo), pois essa é a diferença entre a taxa de juros da linha ABC praticada no ano-safra 2016/17 (8,5% a.a.) e a praticada no ano-safra 2015/16 (7,5% a.a., para médios produtores).

O mesmo exercício foi realizado para o preço do milho. O preço do milho considerado nas análises de viabilidade econômica realizadas nas seções anteriores foi de R\$ 37,54 por saca. Se for considerado um aumento de R\$ 6,60³⁸ no preço da saca do milho (R\$ 44,14), o VPL aumentaria 159,09%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 3.112.351,24. Alternativamente, ao considerar uma queda de R\$ 6,60 no preço da saca do milho (R\$ 30,94), o VPL cairia -150,87%, tornando o sistema economicamente inviável (-R\$ 611.077,66). Ou seja, o retorno econômico do projeto é bem sensível ao preço do milho.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar o preço da saca do milho para R\$ 44,14, a TIR-M aumentaria 2,21 pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 14,21% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda no preço da saca do milho para R\$ 30,94, a TIR-M reduziria -2,57 pontos percentuais, atingindo o valor de 9,43% ao ano.

6.1.3 Preço do Novilho

O preço do novilho, por sua vez, considerado nas análises de viabilidade econômica foi de R\$ 133,47 por arroba. Considerando um aumento de R\$ 17,69³⁹ no preço da arroba do novilho (R\$ 151,16), o VPL aumentaria 117,54%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 2.613.274,19. Por outro lado, ao considerar uma queda de R\$ 17,69 no preço da arroba do novilho (R\$ 115,78), o VPL do sistema iLP cairia -117,75%, tornando o sistema economicamente inviável (- R\$ 213.196,15). Ou seja, o retorno econômico do projeto é bem sensível ao preço do novilho.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar o preço da arroba do novilho para R\$ 151,16, a TIR-M aumentaria 1,55 ponto percentual, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 13,55% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda no preço da arroba do novilho para R\$ 115,78, a TIR-M reduziria -2,06 pontos percentuais, atingindo o valor de 9,94% ao ano.

³⁸ O desvio-padrão dos preços de milho (por saca) da série histórica (julho/04 a outubro/16) do CEPEA é de R\$ 6,60.

³⁹ O desvio-padrão dos preços dos novilhos (por arroba) da série histórica (julho/04 a outubro/16) do CEPEA é de R\$ 17,69.

6.1.4 Produtividade da Soja Integração

A produtividade da soja integração, por sua vez, considerada nas análises de viabilidade econômica dessa dissertação foi de 65 sacas por hectare para todos os 20 anos do projeto. Considerando um aumento de 1,50 sacas por hectare⁴⁰ na produtividade da soja integração, ou seja, considerando uma produtividade 66,50 sacas por hectare, o VPL aumentaria 28,69%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 1.545.898,23. Alternativamente, considerando uma queda de 1,50 sacas por hectare na produtividade da soja integração, isto é, considerando uma produtividade de 63,50 sacas por hectare, o VPL cairia -28,69%, alcançando um VPL de R\$ 856.658,09. Ou seja, o retorno econômico do projeto é menos sensível à produtividade da soja integração, do que à taxa de juros, ao preço do milho e ao preço do novilho.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar a produtividade da soja integração para 66,50 sacas por hectare, a TIR-M aumentaria 0,43 pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 12,32% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda na produtividade da soja integração para 63,50 sacas por hectare, a TIR-M reduziria -0,44 pontos percentuais, atingindo o valor de 11,44% ao ano.

6.1.5 Produtividade do Milho Integração

A produtividade do milho integração, por sua vez, considerada nas análises de viabilidade econômica dessa dissertação foi de 170 sacas por hectare para todos os anos do projeto. Considerando um aumento de 20,79 sacas por hectare⁴¹ na produtividade do milho integração, ou seja, considerando uma produtividade 190,79 sacas por hectare, o VPL aumentaria 110,46%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 2.528.158,52. Alternativamente, considerando uma queda

⁴⁰ A produtividade da soja comum estimada pelo IMEA entre dezembro/2011 e setembro/2016 tem um desvio-padrão de 1,50 sacas por hectare, considerando as cinco regiões que o IMEA divulga (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste). <http://www.imea.com.br/site/publicacoes.php?categoria=4&subcategoria=3>

⁴¹ A produtividade do milho comum estimada pelo IMEA entre janeiro/2013 e setembro/2016 tem um desvio-padrão de 20,79 sacas por hectare, considerando as cinco regiões que o IMEA divulga (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste). <http://www.imea.com.br/site/publicacoes.php?categoria=3&subcategoria=3>

de 20,79 sacas por hectare na produtividade do milho integração, isto é, considerando uma produtividade de 149,21 sacas por hectare, o VPL cairia - 105,76%, alcançando um VPL negativo de - R\$ 69.215,07. Ou seja, o retorno econômico do projeto é bem sensível à produtividade do milho integração.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar a produtividade do milho integração para 190,79 sacas por hectare, a TIR-M aumentaria 1,64 pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 13,53% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda na produtividade do milho integração para 149,21 sacas por hectare, a TIR-M reduziria - 1,71 pontos percentuais, atingindo o valor de 10,18% ao ano.

6.1.6 Custo de Produção do Milho Integração

O custo de produção por hectare do milho integração, por sua vez, considerado nas análises de viabilidade econômica dessa dissertação foi de R\$ 2.834,97 por hectare para todos os anos do projeto. Considerando um aumento de R\$ 398,31 por hectare⁴² no custo de produção do milho integração, ou seja, considerando um custo de R\$ 3.233,28 por hectare, o VPL cairia -60,11%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 479.225,37. Alternativamente, considerando uma queda de R\$ 398,31 por hectare no custo do milho integração, isto é, considerando um custo de R\$ 2.436,66 por hectare, o VPL aumentaria 63,24%, alcançando um VPL de R\$ 1.960.978,32.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar o custo de produção do milho integração para R\$ 3.233,28 por hectare, a TIR-M cairia -0,95 pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 10,94% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda no custo de produção do milho integração para R\$ 2.436,66 por hectare, a TIR-M aumentaria 0,96 pontos percentuais, atingindo o valor de 12,85% ao ano.

6.1.7 Custo de Produção da Soja Integração

⁴² O desvio-padrão dos custos de produção do milho (por hectare) da série (janeiro/13 a setembro/16) do IMEA é de R\$ 398,31 por hectare.

Já o custo de produção por hectare da soja integração, por sua vez, considerado nas análises de viabilidade econômica dessa dissertação foi de R\$ 2.287,67 por hectare para todos os anos do projeto. Considerando um aumento de R\$ 470,10 por hectare⁴³ no custo de produção da soja integração, ou seja, considerando um custo de R\$ 2.757,78 por hectare, o VPL cairia -90,78%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 110.761,41. Alternativamente, considerando uma queda de R\$ 470,10 por hectare no custo de produção da soja integração, isto é, considerando um custo de R\$ 1.817,57 por hectare, o VPL aumentaria 91,17%, alcançando um VPL de R\$ 2.296.540,30.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar o custo de produção da soja integração para R\$ 2.757,78 por hectare, a TIR-M cairia -1,35 pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 10,54% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda no custo de produção da soja integração para R\$ 1.817,57 por hectare, a TIR-M aumentaria 1,21 pontos percentuais, atingindo o valor de 13,10% ao ano.

6.1.8 Taxa de Lotação da Pecuária

Por fim, a taxa de lotação (UA/hectare) da pecuária, por sua vez, considerado nas análises de viabilidade econômica dessa dissertação, no período de estabilização⁴⁴, foi de 4 UA/hectare. Considerando um aumento de 1 UA/hectare⁴⁵ na taxa de lotação, ou seja, considerando uma taxa de lotação de 5 UA/hectare, o VPL aumentaria 61,11%, passando de R\$ 1.201.278,16 para R\$ 1.935.321,72. Alternativamente, considerando uma queda de 1 UA/hectare na taxa de lotação da pecuária, isto é, considerando uma taxa de lotação de 3 UA/hectare, o VPL cairia -64,09%, alcançando um VPL de R\$ 431.359,95.

Considerando a TIR-M como indicador de viabilidade econômica, ao aumentar a taxa de lotação da pecuária para 5 UA/hectare, a TIR-M aumentaria 0,90

⁴³ O desvio-padrão dos custos de produção da soja (por hectare) da série (dezembro/11 a setembro/16) do IMEA é de R\$ 470,10 por hectare.

⁴⁴ Do ano 4 ao ano 20.

⁴⁵ Foi escolhida 1 UA/hectares, pois esse valor corresponde, nessa dissertação, a uma unidade de cabeça de novillo de 2 a 3 anos.

pontos percentuais, passando de 11,89% ao ano e alcançando o patamar de 12,79% ao ano. Por outro lado, considerando uma queda na taxa de lotação para 3 UA/hectare, a TIR-M reduziria em -1,12 pontos percentuais, atingindo o valor de 10,76% ao ano.

6.1.9 Quem mais influencia o retorno econômico do iLP?

Dessa forma, todas as variáveis analisadas anteriormente podem ser consideradas variáveis críticas aos resultados do modelo, uma vez que, alterações nessas variáveis causam mudanças, principalmente, no VPL do projeto. No entanto, algumas variáveis impactam mais na viabilidade econômica do sistema iLP do que outras.

Assim, das análises de sensibilidade realizadas anteriormente, tem-se as seguintes conclusões:

- a) maior sensibilidade do sistema iLP às variações dos preços do milho (em R\$/saca) e dos novilhos (em R\$/arroba) e da produtividade do milho integração (em sacas/hectare);
- b) limitada sensibilidade do sistema iLP às variações da taxa de financiamento (em % a.a.) e do custo de produção da soja integração (em R\$/hectare); e
- c) menor sensibilidade do sistema iLP às variações da produtividade da soja (em sacas/hectare), taxa de lotação (em UA/hectare) e custo de produção do milho integração (R\$/hectare).

6.2. Análise de Sensibilidade das Variáveis Críticas

A partir da identificação das variáveis críticas, realizada na seção anterior, o próximo passo desse trabalho é fazer a análise de sensibilidade dessas variáveis, sendo que, em primeiro lugar, as variáveis serão analisadas separadamente e, em segundo lugar, serão analisadas em pares, escolhendo, para isso, as variáveis que

mais causam incertezas no VPL, isto é, aquelas variáveis que geram os maiores desvio-padrões nas análises de sensibilidade individuais.

6.2.1. Taxa de Financiamento

Para a análise de sensibilidade da taxa de financiamento do sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média 8,5% e desvio-padrão de 1,0 ponto percentual. Foi considerada essa média, pois é essa a taxa de juros cobrada atualmente pela linha ABC BNDES, já o desvio-padrão foi definido como 1,0 ponto percentual, pois essa é a diferença entre a taxa de juros da linha ABC praticada no ano-safra 2016/17 (8,5% a.a.) e a praticada no ano-safra 2015/16 (7,5% a.a., para médios produtores).

Para cada um desses valores hipotéticos de taxa de financiamento, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 94,6% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 5,5% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.270.577,08 e o desvio-padrão foi de R\$ 878.892,48. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações na taxa de financiamento são realizadas.

Apesar dos números gerados para a taxa de financiamento seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade⁴⁶, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 1. No entanto, de acordo com os resultados encontrados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 70,7% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 70,7% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre R\$ 391.466,40 e R\$ 2.149.087,34.

⁴⁶ Sobre o teste de Jarque-Bera, ver Greene (2012, p. 317).

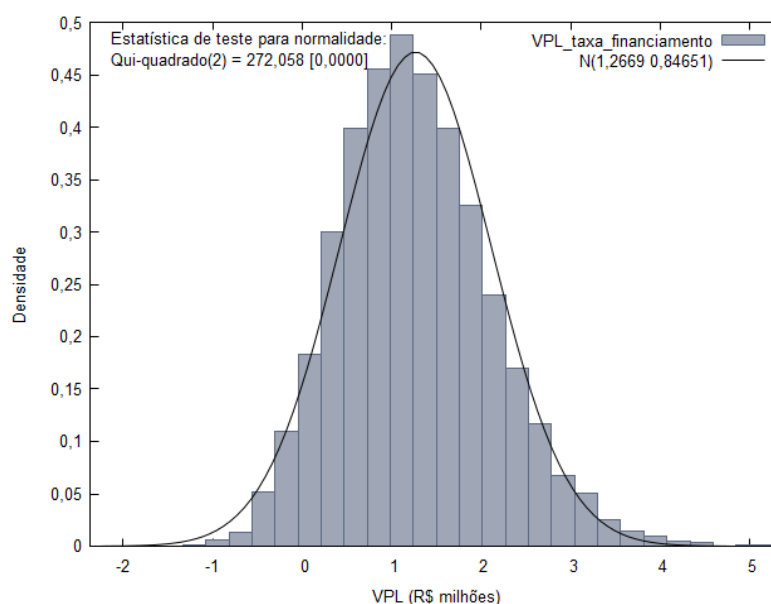


Gráfico 1 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Taxa de Financiamento (% ao ano)
 Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 70,7% dos cenários simulados o VPL por hectare por ano ficaria entre R\$ 24,48/hectare/ano e R\$ 134,32/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional⁴⁷, encontra-se que, em 70,6% dos cenários simulados para a taxa de financiamento, o VPL ficaria entre R\$ 58,18/hectare/ano e R\$ 144,98/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP.

Para a pecuária convencional, encontra-se que, em 70,6% dos cenários simulados para a taxa de financiamento, o VPL ficaria entre -R\$ 33,71/hectare/ano e -R\$ 10,63/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Pecuária geraram um retorno menor do que no iLP.

Ainda como base de comparação, é importante ressaltar que, para implantar o sistema iLP na fazenda representativa foi necessário investimentos em

⁴⁷ Para fazer essa simulação e as seguintes considerando a lavoura solteira e/ou pecuária convencional, considerou-se o mesmo modelo de lavoura e pecuária analisado no sistema iLP, construído nessa dissertação. No entanto, sabe-se que quando se considera as atividades convencionais o modelo de análise de viabilidade econômica deve ser outro, já que muitas premissas que servem para o sistema iLP não servem para as atividades convencionais. No entanto, a modelagem das atividades convencionais não faz parte do escopo dessa dissertação. Assim, os resultados das análises de sensibilidade da lavoura e pecuária convencionais serão consideradas, portanto, otimistas.

ativos, em custeio agrícola e reinvestimentos de R\$ 7.985.921,77 no total dos 20 anos do projeto. Trazendo essa quantia a valor presente, por uma taxa conservadora de 8,5% ao ano, o investimento total resulta em R\$ 6.126.081,39. Dividindo esse valor por 800 hectares e por 20 anos, chega-se em R\$ 638,13/hectare/ano. Assim, mesmo na melhor hipótese de taxa de financiamento com maiores chances do ocorrer, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que uma taxa de financiamento maior ou igual a 10,10% torna o sistema iLP inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 2. Na lavoura e pecuária convencionais, as taxas de financiamento que tornam as atividades economicamente inviáveis são aquelas acima de, respectivamente, 11,50% e 6,70%.

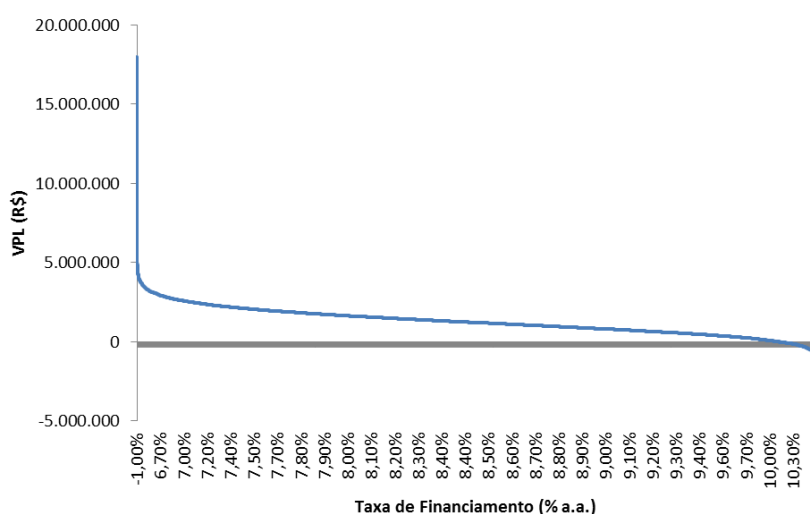


Gráfico 2 – VPL (em R\$) do Sistema iLP, alterando a Taxa de Financiamento (% ao ano)

Fonte: Elaboração própria.

6.2.2. Preço do Milho

Para a análise de sensibilidade do preço do milho no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média R\$ 37,54 por saca e desvio-padrão de R\$ 6,60 por saca. Tanto a média como o desvio-padrão foram

calculados considerando a média histórica (julho/04 a outubro/16) dos preços de milho, divulgados pelo CEPEA, trazidos a preços de outubro/2016 pelo IGP-M.

Para cada um desses valores hipotéticos de preço de milho, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 74,8% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 25,2% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.267.535,16 e o desvio-padrão foi de R\$ 1.873.970,35. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações no preço do milho são realizadas.

Apesar dos números gerados para o preço do milho seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 3. No entanto, através dos resultados encontrados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,5% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,5% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 606.435,19 e R\$ 3.141.505,51.

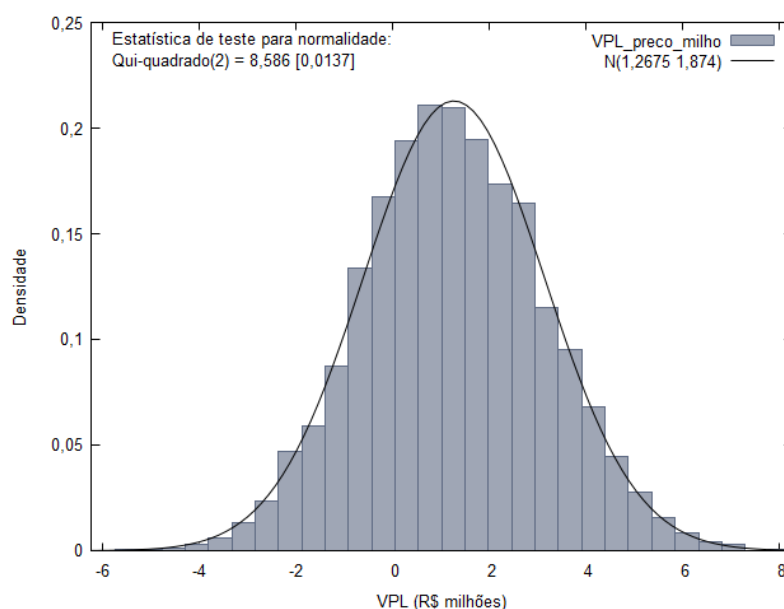


Gráfico 3 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando o Preço de Milho (R\$/saca)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,5% dos cenários simulados para o preço de milho, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 37,90/hectare/ano e R\$ 196,34/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional, encontra-se que, em 68,5% dos cenários simulados para o preço de milho, o VPL ficaria entre -R\$ 14,85/hectare/ano e R\$ 219,40/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP, para os cenários de preço de milho.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que mesmo na melhor hipótese de preço do milho, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que um preço de milho menor ou igual a R\$ 33,20 por saca torna o sistema iLP inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 4. Na lavoura convencional, o preço de milho que torna a atividade economicamente inviável é aquele abaixo de R\$ 31,84.

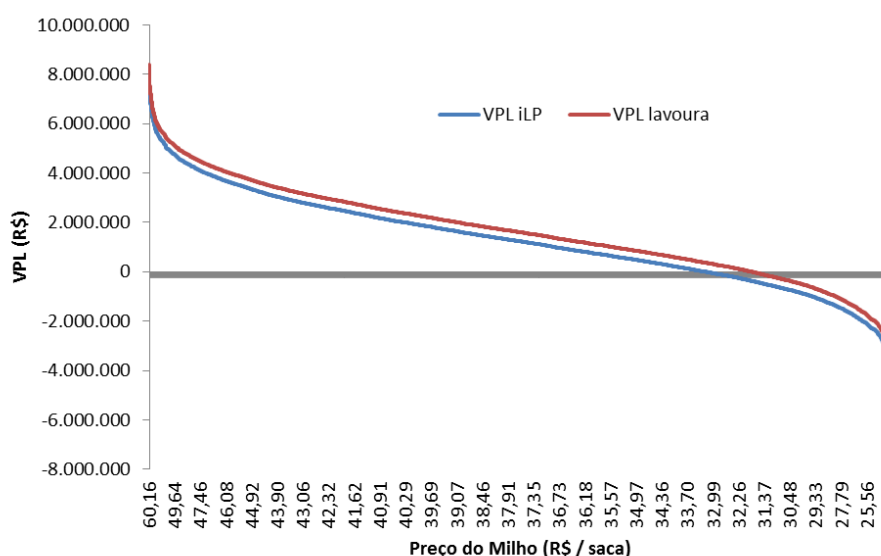


Gráfico 4 – VPL (em R\$), alterando o Preço do Milho (R\$/saca)
Fonte: Elaboração própria.

6.2.3. Preço do Novilho

Para a análise de sensibilidade do preço do novilho no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média R\$ 133,47 por arroba e desvio-padrão de R\$ 17,69 por arroba. Tanto a média como o desvio-padrão foram calculados considerando a média histórica (julho/97 a outubro/16) dos preços de novilho (à vista, com Funrural), divulgados pelo CEPEA, trazidos a preços de outubro/2016 pelo IGP-M.

Para cada um desses valores hipotéticos de preço do novilho, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 80,8% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 19,2% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.219.890,44 e o desvio-padrão foi de R\$ 1.416.024,77. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações no preço do novilho são realizadas.

Apesar dos números gerados para o preço do novilho seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 5. No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,9% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,9% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 196.134,33 e R\$ 2.635.915,21.

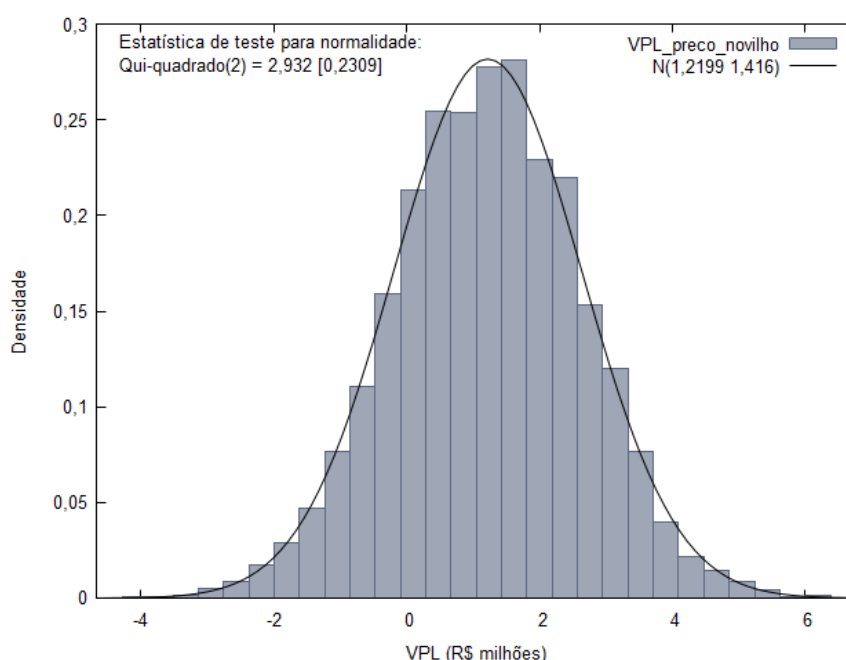


Gráfico 5 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando o Preço do Novilho (R\$/arroba)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,9% dos cenários simulados para o preço do novilho, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 12,26/hectare/ano e R\$ 164,74/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a pecuária convencional, encontra-se que, em 68,9% dos cenários simulados para o preço de milho, o VPL ficaria entre -R\$ 110,39/hectare/ano e R\$ 66,61/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Pecuária geraram um retorno menor do que no iLP, para os cenários de preço de novilho.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que mesmo na melhor hipótese de preço do novilho (com maiores probabilidades de ocorrer), o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que um preço de novilho menor ou igual a R\$ 118,46 por arroba torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 6. Na pecuária solteira, o

preço do novilho que torna a atividade economicamente inviável é aquele abaixo de R\$ 137,97 por arroba.

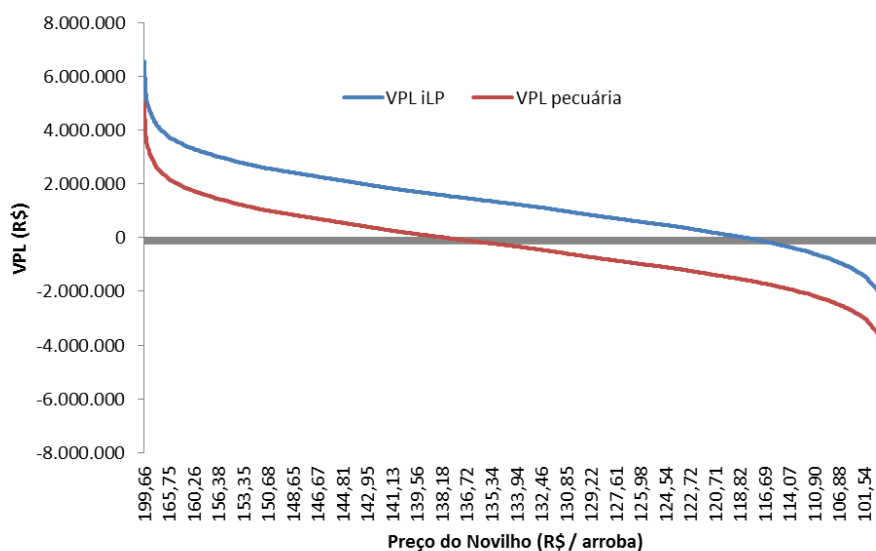


Gráfico 6 – VPL (em R\$), alterando o Preço do Novilho (R\$/arroba)
Fonte: Elaboração própria.

6.2.4. Produtividade da Soja Integração

Para a análise de sensibilidade da produtividade da soja integração no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média de 65 sacas por hectare e desvio-padrão de 1,50 sacas por hectare. A média de 65 sacas por hectare foi escolhida, pois foi este o valor adotado pelo trabalho do Senar (2013, p. 142), e nos cálculos realizados nessa dissertação. Já o desvio-padrão foi calculado considerando a os dados da série histórica (dezembro/11 a setembro /16) da produtividade da soja comum estimada pelo IMEA, considerando as cinco regiões contempladas pelo instituto (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste).

Para cada um desses valores hipotéticos de produtividade da soja integração, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 65,6% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 34,4% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.200.248,15 e o desvio-padrão foi de R\$ 3.047.481,26. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações na produtividade da soja integração são realizadas.

Apesar dos números gerados para a produtividade da soja integração seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 7. No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 69,3% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 69,3% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 1.847.233,11 e R\$ 4.247.729,41.

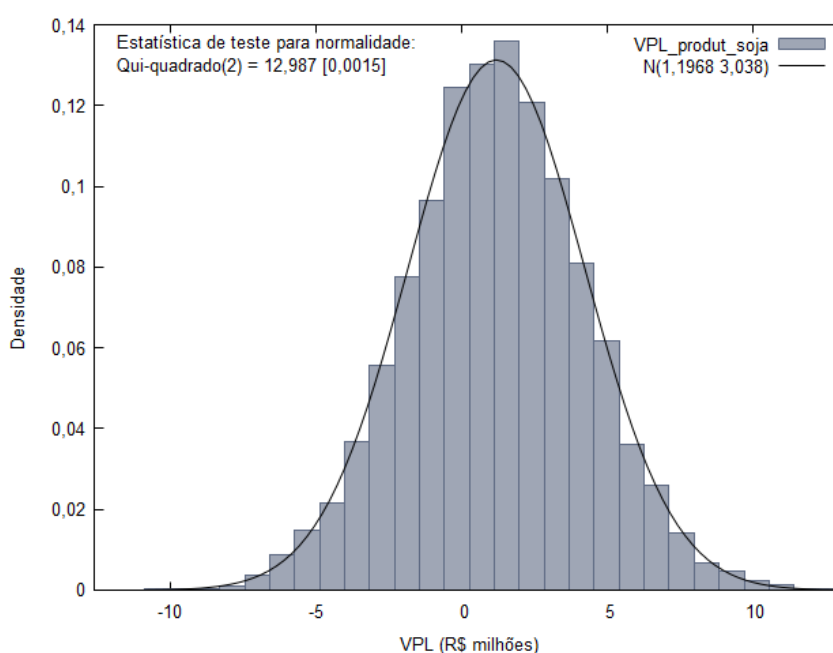


Gráfico 7 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Produtividade da Soja Integração (sacas / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 69,3% dos cenários simulados para o produtividade da soja integração, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 115,45/hectare/ano e R\$ 265,48/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional, encontra-se que, em 69,3% dos cenários simulados para a produtividade da soja integração, o VPL ficaria entre -R\$ 92,40/hectare/ano e R\$ 288,54/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os

resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP, para os cenários de produtividade da soja integração.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, conta-se que mesmo na melhor hipótese da produtividade da soja integração, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que uma produtividade da soja integração menor ou igual a 59,66 sacas por hectare torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 8. Na lavoura solteira, a produtividade da soja que torna a atividade economicamente inviável é aquele abaixo de 57,99 sacas por hectare.

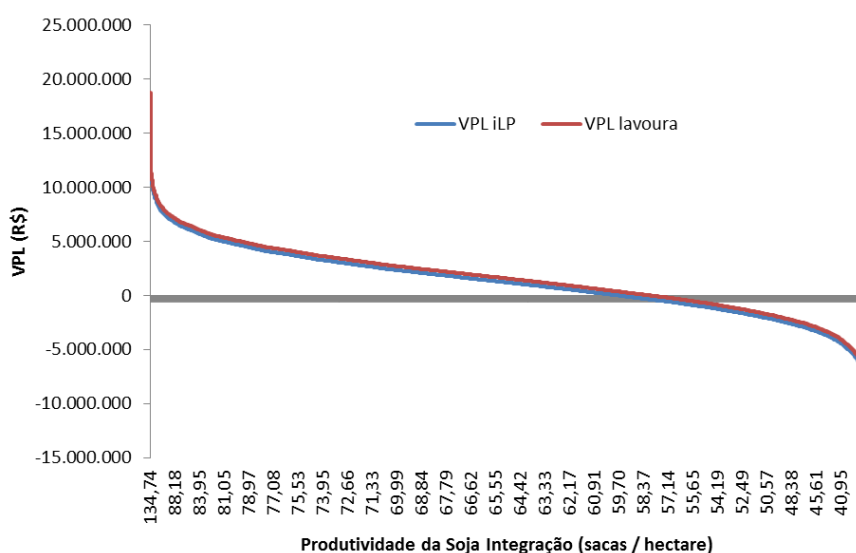


Gráfico 8 – VPL (em R\$), alterando a Produtividade da Soja Integração (sacas / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

6.2.5. Produtividade do Milho Integração

Para a análise de sensibilidade da produtividade do milho integração no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média de 170 sacas por hectare e desvio-padrão de 20,79 sacas por hectare. A média de 170 sacas por hectare foi escolhida, pois foi este o valor adotado pelo trabalho do Senar (2013, p. 142), e nos cálculos realizados nessa dissertação. Já o desvio-padrão foi

calculado considerando a os dados da série histórica (janeiro/2013 a setembro/16) da produtividade do milho comum estimada pelo IMEA, considerando as cinco regiões contempladas pelo instituto (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste).

Para cada um desses valores hipotéticos de produtividade do milho integração, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 82,6% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 17,4% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.221.835,19 e o desvio-padrão foi de R\$ 1.300.234,95. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações na produtividade do milho integração são realizadas.

Apesar dos números gerados para a produtividade do milho integração seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 9. No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,2% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,2% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 78.399,76 e R\$ 2.522.070,13.

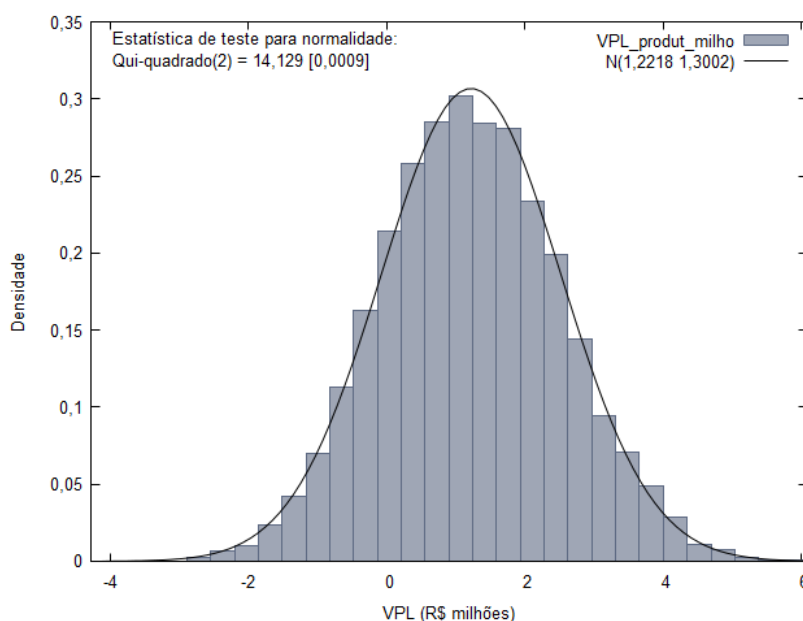


Gráfico 9 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Produtividade do Milho Integração (sacas / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,2% dos cenários simulados para o a produtividade do milho integração, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 4,90/hectare/ano e R\$ 157,63/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional, encontra-se que, em 68,2% dos cenários simulados para a produtividade do milho integração, o VPL ficaria entre R\$ 18,15/hectare/ano e R\$ 180,68/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP, para os cenários de produtividade do milho integração.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que mesmo na melhor hipótese da produtividade do milho integração, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que uma produtividade do milho integração menor ou igual a 150,36 sacas por hectares torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 10. Na lavoura solteira, a produtividade do milho que torna a atividade economicamente inviável é aquela abaixo de 144,15 sacas por hectare.

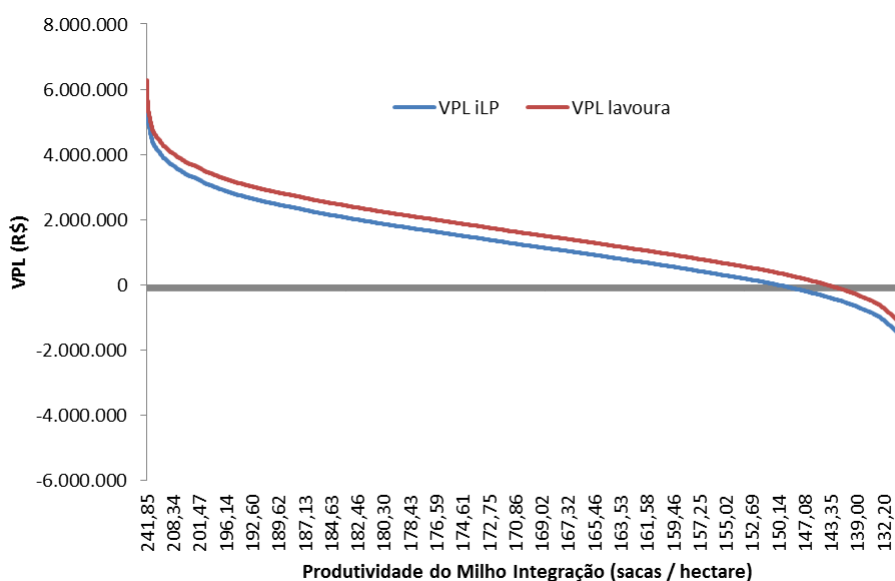


Gráfico 10 – VPL (em R\$), alterando a Produtividade do Milho Integração (sacas / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

6.2.6. *Custo de Produção do Milho Integração*

Para a análise de sensibilidade do custo de produção do milho integração no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média de R\$ 2.834,97 por hectare e desvio-padrão de R\$ 398,31 por hectare. A média de R\$ 2.834,97 por hectare foi escolhida, pois foi este o valor adotado nos cálculos realizados nessa dissertação. Já o desvio-padrão foi calculado considerando os dados da série histórica (janeiro/2013 a setembro/16) do custo de produção médio do milho comum estimada pelo IMEA, considerando as cinco regiões contempladas pelo instituto (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste).

Para cada um desses valores hipotéticos de custo de produção do milho integração, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 95,6% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 4,4% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.227.454,89 e o desvio-padrão foi de R\$ 745.328,15. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações no custo de produção do milho integração são realizadas, apesar de este ser o menor desvio-padrão das simulações realizadas até este momento.

Apesar dos números gerados para o custo de produção do milho integração seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 11. No entanto, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,3% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,3% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre R\$ 482.126,74 e R\$ 1.972.783,04.

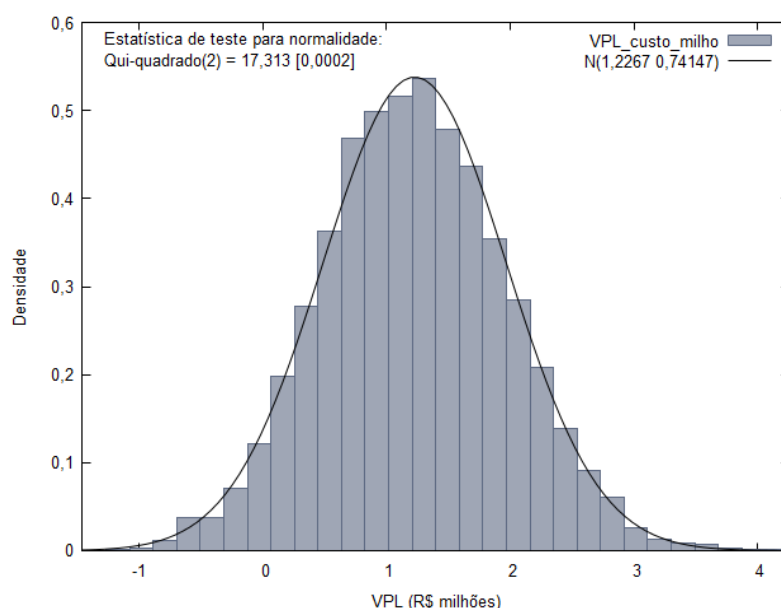


Gráfico 11 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando o Custo de Produção do Milho Integração (R\$ / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,3% dos cenários simulados para o custo de produção do milho integração, o VPL por hectare por ano ficaria entre R\$ 30,13/hectare/ano e R\$ 123,30/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional, encontra-se que, em 68,3% dos cenários simulados para o custo de produção milho, o VPL ficaria entre R\$ 53,19/hectare/ano e R\$ 146,35/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP, para os cenários de custo de produção do milho.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese do custo de produção do milho integração, o VPL por hectare por ano seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que um custo de produção do milho integração maior ou igual a R\$ 3.505,76 sacas por hectare torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia

o Gráfico 12. Na lavoura solteira, o custo de produção do milho que torna a atividade economicamente inviável é aquela acima de R\$ 3.722,05.

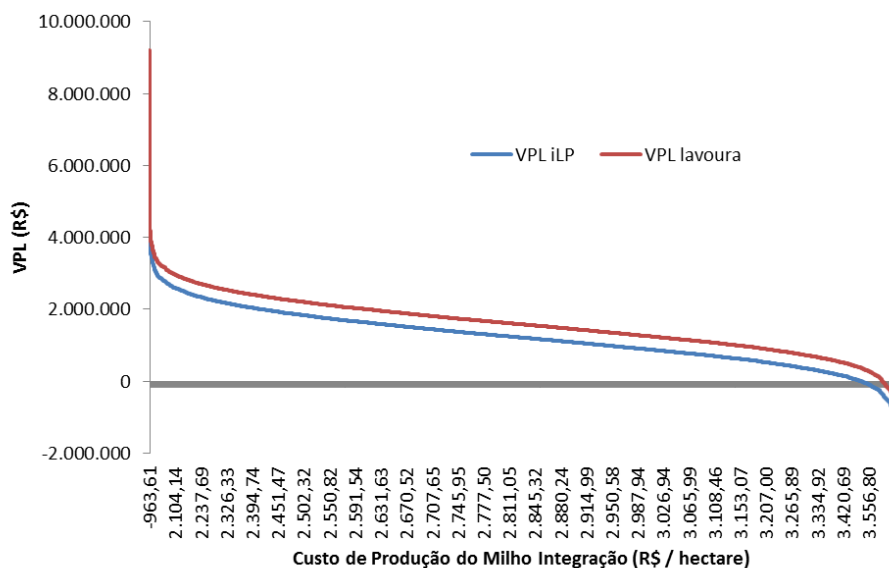


Gráfico 12 – VPL (em R\$), alterando o Custo de Produção do Milho Integração (R\$ / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

6.2.7. Custo de Produção da Soja Integração

Para a análise de sensibilidade do custo de produção da soja integração no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média de R\$ 2.287,67 por hectare e desvio-padrão de R\$ 470,10 por hectare. A média de R\$ 2.287,67 por hectare foi escolhida, pois foi este o valor adotado nos cálculos realizados nessa dissertação. Já o desvio-padrão foi calculado considerando a os dados da série histórica (dezembro/2011 a setembro/16) do custo de produção da soja comum estimada pelo IMEA, considerando as cinco regiões contempladas pelo instituto (Centro-Sul, Médio Norte, Nordeste, Oeste e Sudeste).

Para cada um desses valores hipotéticos de custo de produção da soja integração, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 86,0% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 14,0% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.194.036,03 e o desvio-padrão foi de R\$

1.117.398,12. O alto desvio-padrão revela o alto grau de incerteza do VPL, quando as alterações no custo de produção da soja integração são realizadas.

Apesar dos números gerados para o custo de produção da soja integração seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 13. No entanto, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,9% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,9% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre R\$ 76.637,91 e R\$ 2.311.434,14.

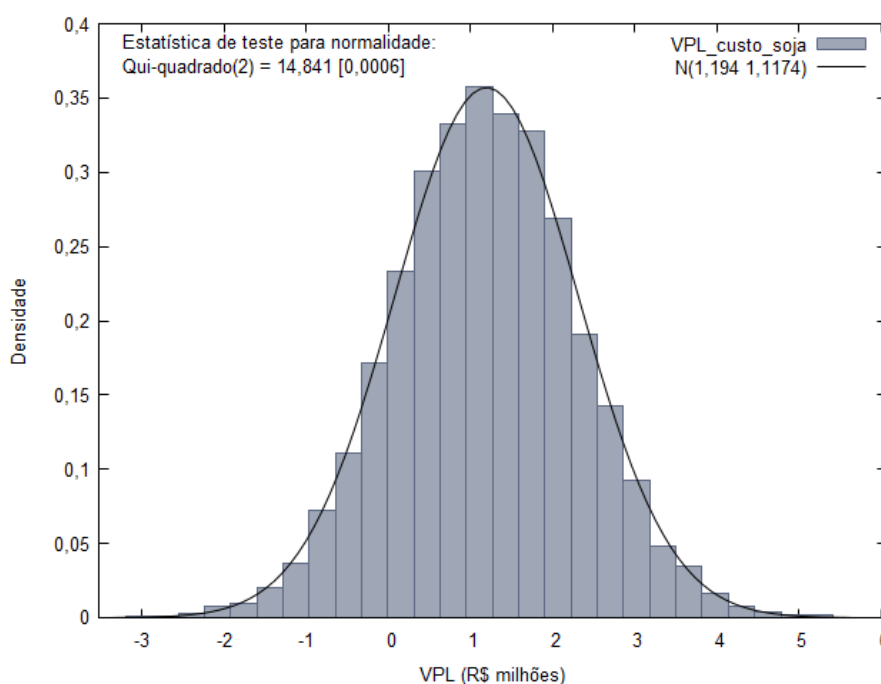


Gráfico 13 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando o Custo de Produção da Soja Integração (R\$ / hectare)
Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,9% dos cenários simulados para o custo de produção da soja integração, o VPL por hectare por ano ficaria entre R\$ 4,79/hectare/ano e R\$ 144,46/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a lavoura convencional, encontra-se que, em 68,9% dos cenários simulados para o

custo de produção da soja integração, o VPL ficaria entre R\$ 27,84/hectare/ano e R\$ 167,52/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Lavoura geraram um retorno maior do que no iLP, para os cenários de custo de produção da soja integração.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, constata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese do custo de produção da soja integração, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que um custo de produção da soja integração maior ou igual a R\$ 2.805,53 sacas por hectare torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 14. Na lavoura solteira, o custo de produção da soja que torna a atividade economicamente inviável é aquela acima de R\$ 2.964,55.

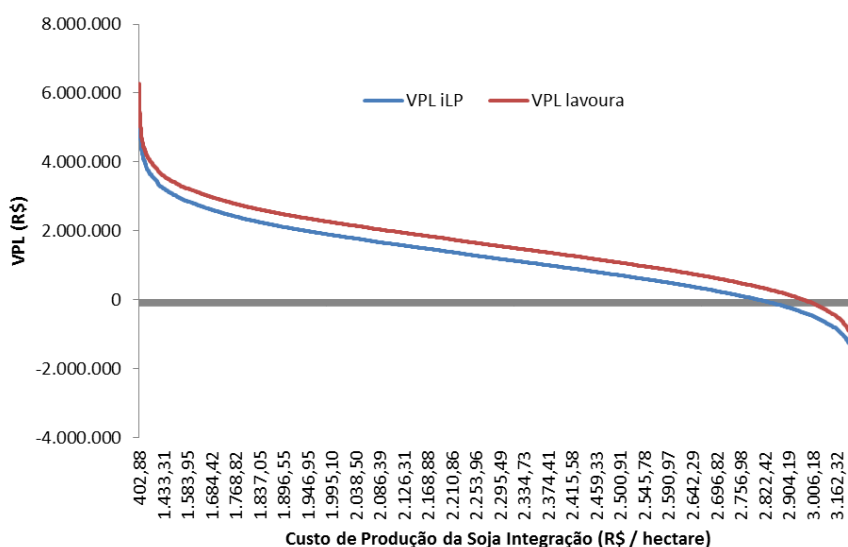


Gráfico 14 – VPL (em R\$), alterando o Custo de Produção da Soja Integração (R\$ / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

6.2.8. Taxa de Lotação (UA/hectare)

Para a análise de sensibilidade da taxa de lotação da pecuária no sistema iLP, foram gerados 10.000 números com distribuição normal, com média igual a 4 UA/hectare e desvio-padrão de 1,2 UA/hectare. A média de 4 UA/hectare foi

escolhida, pois foi este o valor adotado, no período de estabilização, nos cálculos realizados nessa dissertação, bem como nos cálculos realizados pelo Senar (2013, p. 147). Já o desvio-padrão foi escolhido de acordo com a diferença entre a taxa de lotação praticada na pecuária convencional e no sistema iLP⁴⁸, no estudo realizado pelo Senar (2013, p. 87 e 147).

Para cada um desses valores hipotéticos de taxa de lotação da pecuária, foi calculado o VPL correspondente do sistema iLP. De todos os 10.000 cenários simulados, 94,2% resultaram em um VPL positivo e, alternativamente, 5,8% resultaram em um VPL negativo. Além disso, nos cenários simulados encontrou-se que o VPL médio foi de R\$ 1.183.069,55 e o desvio-padrão foi de R\$ 738.700,25.

Apesar dos números gerados para a taxa de lotação da pecuária seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não aceita-se a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 15. No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,0% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,0% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre R\$ 444.369,30 e R\$ 1.921.769,79.

⁴⁸ Nas análises realizadas pelo Senar (2013, p. 87 e 147), a taxa de lotação adotada para a pecuária convencional, no período de estabilização, foi de 2,8 UA/hectare, e para a pecuária do sistema iLP foi de 4,0 UA/hectare, logo, a diferença entre as duas taxas de lotação é igual a 1,2 UA/hectare.

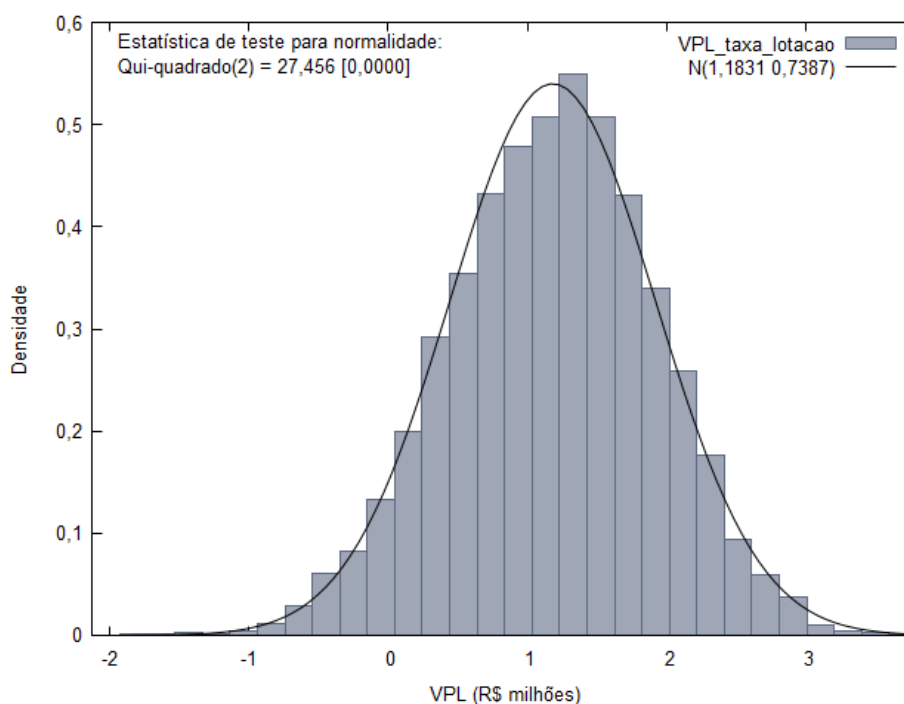


Gráfico 15 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Taxa de Lotação da Pecuária (UA / hectare)

Fonte: Elaboração própria.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,0% dos cenários simulados para o custo de produção da soja integração, o VPL por hectare por ano ficaria entre R\$ 27,77/hectare/ano e R\$ 120,11/hectare/ano.

Assim, para ter uma base de comparação, quando se considera apenas a pecuária convencional, encontra-se que, em 68,0% dos cenários simulados para a taxa de lotação, o VPL ficaria entre -R\$ 70,36/hectare/ano e R\$ 21,98/hectare/ano. Ou seja, a partir das mesmas premissas, têm-se que os resultados mais frequentes na Pecuária geraram um retorno menor do que no iLP, para os cenários de taxa de lotação.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese da taxa de lotação, o VPL por hectare por ano do sistema iLP seria menor do que foi investido por hectare por ano.

Por fim, ficou constatado que uma taxa de lotação da pecuária menor ou igual a 2,42 UA/hectare torna o sistema inviável economicamente, isto é, torna o

VPL negativo, *coeteris paribus*, conforme evidencia o Gráfico 16. Na pecuária convencional, a taxa de lotação que torna a atividade economicamente inviável é aquela menor ou igual a 4,49 UA/hectare.

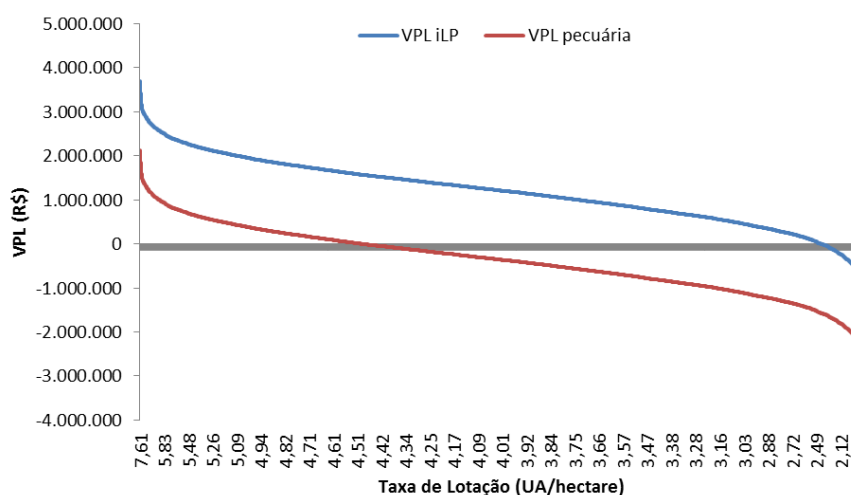


Gráfico 16 – VPL (em R\$), alterando a taxa de lotação da pecuária (UA/hectare)
Fonte: Elaboração própria.

6.3. Análise de Sensibilidade das Variáveis Críticas em Pares

O próximo passo é verificar como se comporta a viabilidade do sistema iLP alterando duas premissas ao mesmo tempo. Como foi visto anteriormente, as variáveis que mais geram incertezas (maiores desvios-padrões), de acordo com as simulações realizadas, no VPL são: produtividade da soja integração, preço do milho e preço do novilho. Essas são as variáveis que geraram os maiores desvios-padrões nas simulações realizadas.

Dessa forma, o próximo passo é fazer a análise de sensibilidade alterando essas duas dessas variáveis ao mesmo tempo, e avaliar como o VPL se comporta. Como essas variáveis apresentaram os maiores desvios-padrões de todas as simulações realizadas, significa que, ao combinar essas variáveis (duas a duas), deve-se encontrar o maior intervalo que o VPL pode assumir, seguindo o modelo iLP proposto por essa dissertação.

6.3.1. Produtividade da Soja Integração e Preço do Milho

Assim, a primeira análise de sensibilidade conjunta que será realizada utilizará as seguintes variáveis: produtividade da soja integração e preço do milho. Para isso, foram gerados 1.000 valores hipotéticos para cada uma das variáveis, seguindo a distribuição normal, gerando, portanto 1 milhão de cenários.

Para a produtividade da soja integração, os valores hipotéticos gerados seguirão a distribuição normal, com média de 65 sacas por hectare e desvio-padrão de 1,50 sacas por hectare, mantendo o que foi anteriormente. Do mesmo modo, os valores hipotéticos gerados para o preço do milho devem seguir a distribuição normal, como média de R\$ 37,54 por saca e desvio-padrão de R\$ 6,60 por saca, seguindo, mais uma vez, o que foi realizado na seção anterior.

De todos os cenários gerados, 74,0% deles apresentaram VPL positivos, isto é, apresentaram viabilidade econômica. Apesar dos números gerados para a produtividade da soja integração e para o preço do milho seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 17.

No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 67,4% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 67,4% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 643.837,61 e R\$ 3.166.235,16.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 67,4% dos cenários simulados, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 40,24/hectare/ano e R\$ 197,89/hectare/ano.

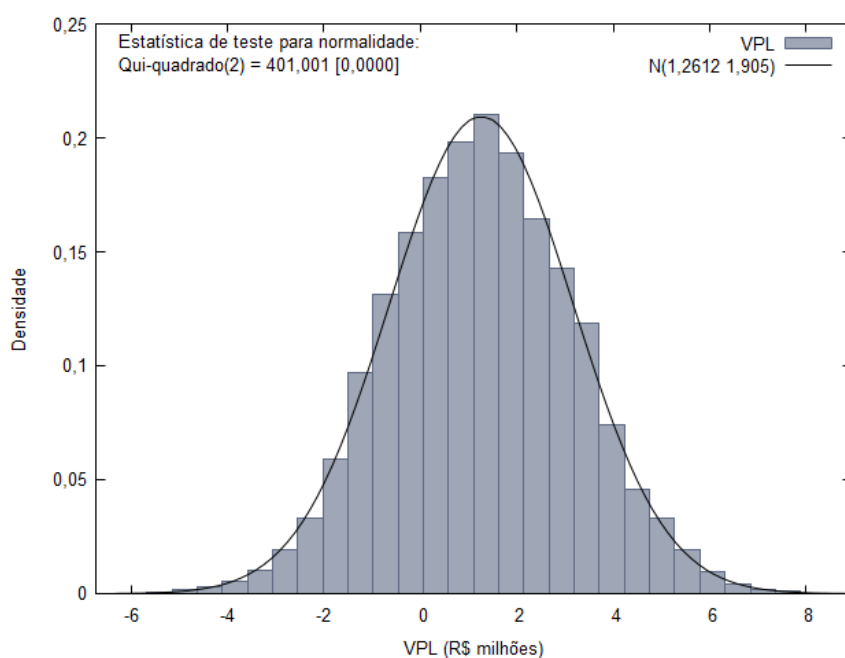


Gráfico 17 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare) e o Preço do Milho (R\$/saca)
Fonte: Elaboração própria.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, constata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese da produtividade da soja integração e do preço do milho, o VPL por hectare por ano seria menor do que foi investido por hectare por ano.

6.3.2. Produtividade da Soja Integração e Preço do Novilho

A segunda análise de sensibilidade conjunta que será realizada utilizará as seguintes variáveis: produtividade da soja integração e preço do novilho. Para isso, foram gerados 1.000 valores hipotéticos para cada uma das variáveis, seguindo a distribuição normal, gerando, portanto, 1 milhão de cenários.

Para a produtividade da soja integração, os valores hipotéticos gerados seguiram a distribuição normal, com média de 65 sacas por hectare e desvio-padrão de 1,50 sacas por hectare, mantendo o que foi feito na seção anterior. Do mesmo modo, os valores hipotéticos gerados para o preço do novilho devem seguir a distribuição normal, como média de R\$ 133,47 por arroba e desvio-padrão de R\$ 17,69 por arroba, seguindo, mais uma vez, o que foi realizado anteriormente.

De todos os cenários gerados, 80% deles apresentaram VPL positivos, isto é, apresentaram viabilidade econômica. Apesar dos números gerados para a produtividade da soja integração e para o preço do novilho seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 18.

No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 69,2% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 69,2% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 277.915,29 e R\$ 2.600.975,56.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 69,2% dos cenários simulados, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 17,37/hectare/ano e R\$ 162,56/hectare/ano.

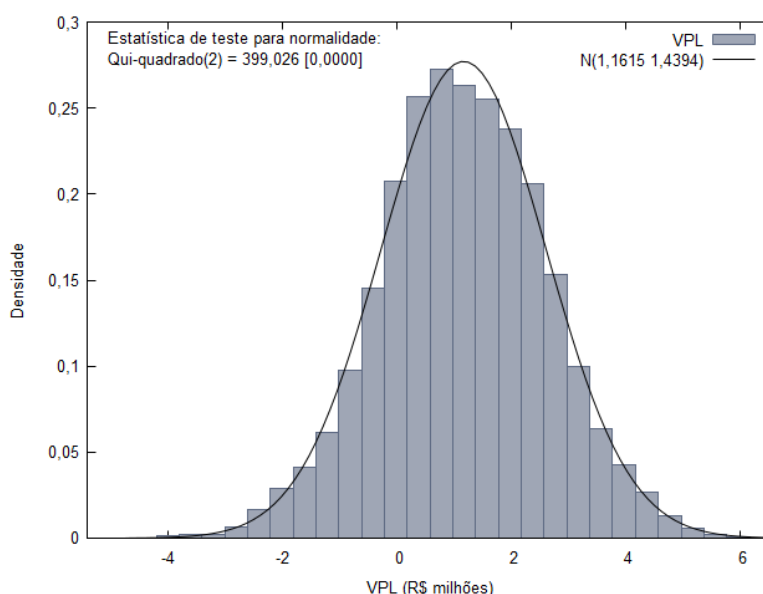


Gráfico 18 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando a Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare) e o Preço do Novilho (R\$/arroba)
Fonte: Elaboração própria.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese da produtividade da soja integração e do preço do novilho, o VPL por hectare por ano seria menor do que foi investido por hectare por ano.

6.3.3. Preço do Milho e Preço do Novilho

A terceira e última análise de sensibilidade conjunta que será realizada utilizará as seguintes variáveis: preço do milho e preço do novilho. Para isso, foram gerados 1.000 valores hipotéticos para cada uma das variáveis, seguindo a distribuição normal, gerando, portanto, 1 milhão de cenários.

Para o preço do milho, os valores hipotéticos gerados seguiram a distribuição normal, com média de R\$ 37,54 por saca e desvio-padrão de R\$ 6,60 por saca, mantendo o que foi feito anteriormente. Do mesmo modo, os valores hipotéticos gerados para o preço do novilho devem seguir a distribuição normal, como média de R\$ 133,47 por arroba e desvio-padrão de R\$ 17,69 por arroba, seguindo, mais uma vez, o que foi realizado anteriormente.

De todos os cenários gerados, 69,8% deles apresentaram VPL positivos, isto é, apresentaram viabilidade econômica. Apesar dos números gerados para o preço do milho e para o preço do novilho seguirem a distribuição normal, a distribuição dos VPLs simulados não pode ser considerada uma distribuição normal, já que, pelo teste de normalidade, não se aceita a hipótese de normalidade da distribuição, conforme mostra o Gráfico 19.

No entanto, com base nos resultados alcançados, pode-se afirmar que os valores que estão entre um desvio-padrão da média, para cima e para baixo, correspondem a 68,1% dos valores do conjunto simulado. Ou seja, em 68,1% dos cenários simulados foi encontrado um VPL entre -R\$ 1.118.323,68 e R\$ 3.554.261,08.

De outra forma, considerando que na fazenda representativa onde o sistema iLP seria implantado teria 800 hectares e que o projeto teria uma vida útil de 20 anos, significa dizer que em 68,1% dos cenários simulados, o VPL por hectare por ano ficaria entre -R\$ 69,90/hectare/ano e R\$ 222,14/hectare/ano.

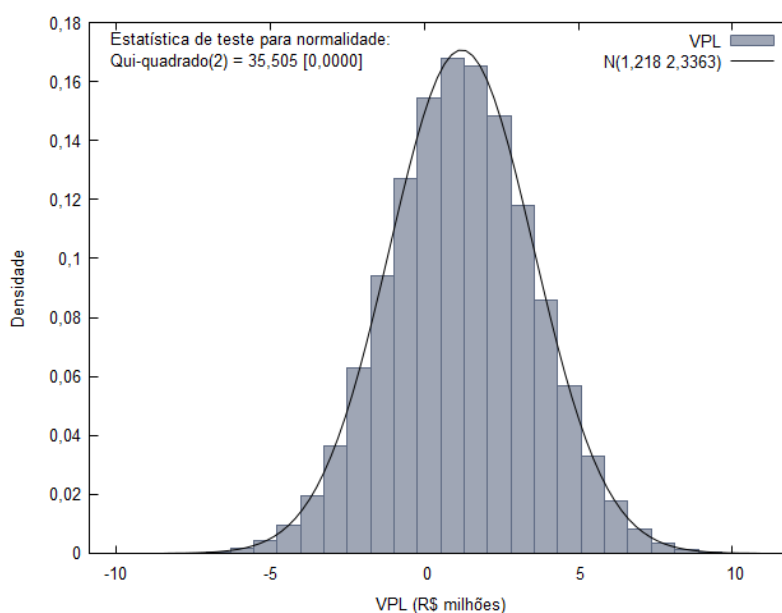


Gráfico 19 – Probabilidade das faixas de VPL (em R\$ milhões), alterando o Preço do Milho (R\$/saca) e o Preço do Novilho (R\$/arroba)
 Fonte: Elaboração própria.

Ao comparar com o investimento realizado no sistema iLP que, como foi visto anteriormente, é de R\$ 638,13/hectare/ano, contata-se que, mais uma vez, mesmo na melhor hipótese do preço do milho e do preço do novilho, o VPL por hectare por ano seria menor do que foi investido por hectare por ano.

6.4. Sistematização dos resultados encontrados

Devido ao grande número de informação gerado pelas análises de sensibilidade realizadas anteriormente, os resultados serão sistematizados nessa seção buscando responder quatro perguntas.

1. Quais variáveis mais afetam o retorno do sistema iLP?

De acordo com as simulações realizadas, os parâmetros que mais afetam o retorno do sistema iLP projetado nessa dissertação, em termos de VPL foram: preço do milho (em R\$/saca), preço do novilho (em R\$/arroba) e produtividade do milho integração (em sacas/hectare) (Tabela 20). No entanto, observa-se uma menor sensibilidade do sistema iLP às variações da produtividade da soja integração (em sacas/hectare), custo de produção do milho integração (R\$/hectare) e taxa de

lotação (em UA/hectare). Por fim, verifica-se uma limitada sensibilidade do sistema iLP às variações da taxa de financiamento (em % a.a.) e do custo de produção da soja integração (em R\$/hectare). (Tabela 20)

Tabela 20. – Impacto das Variáveis no VPL (em %)

Variáveis	Cenário Base	Cenário 1		Cenário 2	
	Parâmetros	Parâmetros	Varição no VPL	Parâmetros	Varição no VPL
Taxa de Financiamento (% a.a.)	8,50%	7,50%	73,9%	9,50%	-64,9%
Preço do Milho (R\$/saca)	37,5	30,9	-150,9%	44,1	159,1%
Preço do Novilho (R\$/arroba)	133,5	115,8	-117,7%	151,2	117,5%
Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare)	65,0	63,5	-28,7%	66,5	28,7%
Produtividade do Milho Integração (sacas/hectare)	170,0	149,2	-105,8%	190,8	110,5%
Custo de Produção do Milho Integração (R\$/hectare)	2.835,0	2.436,7	63,2%	3.233,3	-60,1%
Custo de Produção da Soja Integração (R\$/hectare)	2.287,7	1.817,6	91,2%	2.757,8	-90,8%
Taxa de Lotação (UA/hectare)	4,0	3,0	-64,1%	5,0	61,1%

Fonte: Elaboração própria.

Apesar de algumas variáveis impactarem mais o retorno do sistema iLP do que outras, todas as oito variáveis analisadas podem ser consideradas como variáveis críticas ao modelo. Ou seja, o modelo adotado pode ser considerado sensível a todas as variáveis analisadas, uma vez que os impactos no VPL, dada uma alteração nos parâmetros, não podem ser considerados desprezíveis.

2. Para as variáveis críticas, assumindo a distribuição observada dos valores dos últimos anos, qual é a probabilidade do iLP ser economicamente viável?

De todos os 10.000 cenários simulados para o custo de produção do milho integração, 95,6% resultaram em um VPL positivo. A análise de sensibilidade do sistema iLP em relação ao custo de produção do milho integração foi a que mais gerou cenários positivos, dentre todas as variáveis analisadas, indicando que, apesar de impactar consideravelmente o VPL do projeto, esse impacto não é suficiente grande (baixo desvio-padrão) para mudar a viabilidade do projeto, em grande parte dos cenários. O mesmo raciocínio é válido para a taxa de lotação e para a taxa de financiamento, que apresentaram uma probabilidade de VPL positivo (94,2% e 94,6%, respectivamente) praticamente no mesmo patamar que a taxa de financiamento. (Tabela 21)

Em contrapartida, quando se realiza a análise de sensibilidade do sistema iLP em relação à alterações na produtividade da soja integração, encontra-se que em 65,6% dos casos o projeto se apresenta como economicamente viável. Ou seja, apesar da produtividade da soja não ser uma das variáveis que mais impactam no VPL, esse impacto pode ser suficientemente grande para alterar a viabilidade do

projeto, conforme evidencia o alto desvio-padrão dos resultados encontrados. O mesmo raciocínio é válido para o preço do milho, que apresenta o segundo maior desvio-padrão das análises realizadas, e a segunda menor probabilidade (74,8%) de o VPL ser positivo. (Tabela 21)

Tabela 21. – Resultados das análises de sensibilidade das variáveis críticas

Variáveis	Probabilidade VPL>0	Probabilidade VPL<0	Média dos VPLs	Desvio-Padrão dos VPLs
Taxa de Financiamento (% a.a.)	94,6%	5,4%	R\$ 1.270.577,08	R\$ 878.892,48
Preço do Milho (R\$/saca)	74,8%	25,2%	R\$ 1.267.535,16	R\$ 1.873.970,35
Preço do Novilho (R\$/arroba)	80,8%	19,2%	R\$ 1.219.890,44	R\$ 1.416.024,77
Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare)	65,6%	34,4%	R\$ 1.200.248,15	R\$ 3.047.481,26
Produtividade do Milho Integração (sacas/hectare)	82,6%	17,4%	R\$ 1.221.835,19	R\$ 1.300.234,95
Custo de Produção do Milho Integração (R\$/hectare)	95,6%	4,4%	R\$ 1.227.454,89	R\$ 745.328,15
Custo de Produção da Soja Integração (R\$/hectare)	86,0%	14,0%	R\$ 1.194.036,03	R\$ 1.117.398,12
Taxa de Lotação (UA/hectare)	94,2%	5,8%	R\$ 1.183.069,55	R\$ 738.700,25

Fonte: Elaboração própria.

A partir desses resultados foi realizado uma análise de sensibilidade (com 1 milhão de cenários) do sistema iLP considerando a alteração de duas variáveis ao mesmo tempo. Para isso, foram escolhidas as variáveis que mais geram incertezas nos resultados, ou seja, aquelas variáveis que apresentaram os maiores desvios-padrões nos cenários analisados: produtividade da soja integração, preço do milho e preço do novilho.

De todos os cenários gerados para a produtividade da soja integração e do preço do milho, 74,0% deles apresentaram VPL positivos, isto é, apresentaram viabilidade econômica. Para o caso dos cenários gerados para o preço do milho e o preço do novilho, a probabilidade de o projeto apresentar viabilidade econômica é de 69,8%. Por fim, para o caso dos cenários para o preço do novilho e para a produtividade da soja integração, a probabilidade do VPL ser positivo é de 79,7%.

O que se pode concluir é que na maioria dos cenários gerados nas análises de sensibilidade realizadas verificou-se que a probabilidade do VPL ser positivo (média de 81,6%) é bem maior do que a probabilidade de o VPL ser negativo (média de 18,4%).

3. Qual é o intervalo de retorno mais frequente obtido pelo iLP nos cenários gerados para cada uma das variáveis?

Para responder essa pergunta, calculou-se a probabilidade, para cada uma das análises de sensibilidade realizadas, de o VPL do sistema iLP ficar entre um desvio-padrão da média, para cima ou para baixo.

Em todas as análises realizadas, a probabilidade de o VPL ficar no limite de um desvio-padrão (para cima e para baixo) ficou entre 68,0% e 70,7%, como mostra a Tabela 22, sendo que a variável que gerou o maior intervalo de VPLs possíveis foi a produtividade da soja integração, podendo o VPL variar entre –R\$ 1.847.233,11 e R\$ 4.247.729,40, em 69,3% dos cenários simulados.

Quando se considera a média dos cenários simulados, em 68,9% dos casos, o VPL ficou entre –R\$ 166.700,25 e R\$ 2.612.786,82. Portanto, o que se pode concluir é que o retorno do sistema iLP é muito vulnerável às diversas variáveis que compõem o modelo, ou seja, devido a tantas incertezas, a implementação do sistema iLP deve ser muito bem analisada em cada caso, a fim de minimizar a probabilidade de o sistema iLP se tornar economicamente inviável.

Tabela 22. – Probabilidades e Limites de VPL entre um desvio-padrão para cima ou para baixo da média

Variáveis	Probabilidade	Limite Inferior	Limite Superior
Taxa de Financiamento (% a.a.)	70,7%	R\$ 391.466,40	R\$ 2.149.087,34
Preço do Milho (R\$/saca)	68,5%	-R\$ 606.435,19	R\$ 3.141.505,51
Preço do Novilho (R\$/arroba)	68,9%	-R\$ 196.134,33	R\$ 2.635.915,21
Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare)	69,3%	-R\$ 1.847.233,11	R\$ 4.247.729,40
Produtividade do Milho Integração (sacas/hectare)	68,2%	-R\$ 78.399,76	R\$ 2.522.070,13
Custo de Produção do Milho Integração (R\$/hectare)	68,3%	R\$ 482.126,74	R\$ 1.972.783,03
Custo de Produção da Soja Integração (R\$/hectare)	68,9%	R\$ 76.637,91	R\$ 2.311.434,14
Taxa de Lotação (UA/hectare)	68,0%	R\$ 444.369,30	R\$ 1.921.769,80
Média	68,9%	-R\$ 166.700,25	R\$ 2.612.786,82

Fonte: Elaboração própria.

4. Das variáveis críticas, a partir de qual ponto o sistema iLP passa a ser economicamente viável?

A Tabela 23, além de evidenciar quais foram os valores para as variáveis críticas considerados na análise de viabilidade econômica do sistema iLP adotados nessa dissertação para a construção do cenário base, mostra também quais são os valores para essas mesmas variáveis que mudam a viabilidade do modelo iLP proposto nesse estudo. Ou seja, a partir de quais valores de cada uma das variáveis analisadas, considerando as demais variáveis iguais ao que foi considerado na

construção do modelo, o sistema iLP passa de inviável (isto é, com VPL menor que zero), para economicamente viável (isto é, VPL maior do que zero).

Por exemplo, na construção do cenário-base, a taxa de financiamento considerada foi de 8,5% a.a., o que é menor do que 10,10%, respeitando a condição, *coeteris paribus*, para tornar o sistema iLP economicamente viável. O mesmo ocorre para todas as demais variáveis, isto é, todos os valores das variáveis-críticas consideradas no cenário-base respeitam as condições para que o sistema iLP seja economicamente viável.

Como um exercício adicional foi realizado uma nova análise de viabilidade econômica considerando os valores limites que tornam o sistema iLP economicamente viáveis. Ou seja, para a taxa de financiamento foi considerado um valor igual a 10,10%, para o preço do milho foi considerado o valor de R\$ 33,20 por saca, e assim sucessivamente. Considerando esses valores, o VPL se torna negativo em -R\$ 6.972.117,84, ou seja, o sistema torna-se economicamente inviável. Esse resultado mostra, claramente, que a incerteza ronda a viabilidade econômica do sistema iLP.

Tabela 23. – Cenário-base e condições para o sistema iLP ser economicamente viável, *coeteris paribus*

Variáveis	Cenário Base	Torna o sistem viável
Taxa de Financiamento (% a.a.)	8,50%	≤ 10,10%
Preço do Milho (R\$/saca)	37,54	≥ 33,20
Preço do Novilho (R\$/arroba)	133,47	≥ 118,46
Produtividade da Soja Integração (sacas/hectare)	65,00	≥ 59,66
Produtividade do Milho Integração (sacas/hectare)	170,00	≥ 150,36
Custo de Produção do Milho Integração (R\$/hectare)	2.834,97	≤ 3.505,76
Custo de Produção da Soja Integração (R\$/hectare)	2.287,67	≤ 2.805,53
Taxa de Lotação (UA/hectare)	4,00	≥ 2,42
VPL do sistema iLP	1.201.278,16	-6.972.117,84
TIR-M do sistema iLP	11,89%	1,41%

Fonte: Elaboração própria.

7. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias e os arranjos produtivos denominados sistemas de integração proporcionam diversas vantagens, tanto para o produtor e para o agronegócio brasileiro, quanto para o meio ambiente. Como foi visto ao longo dessa dissertação, há grandes vantagens na adoção dos sistemas de integração e já há um conjunto de tecnologias que os tornam tecnicamente viáveis.

Todavia, ser tecnicamente viável não é uma condição suficiente para que uma determinada tecnologia seja amplamente adotada. Para que isso ocorra, além de ser tecnicamente exequível, essa tecnologia tem que ser capaz de proporcionar um retorno financeiro suficientemente aceitável para quem for incorporá-la ao longo do seu processo produtivo. Em outras palavras, ser economicamente viável é uma condição necessária para que uma tecnologia seja amplamente adotada.

Entretanto, ser economicamente viável não é um atributo intrínseco de uma tecnologia, mas o resultado de uma combinação entre os impactos que ela gera ao longo do processo produtivo e um conjunto de variáveis que refletem as condições de mercado onde ela está inserida. Enfim, a viabilidade econômica não é um atributo de uma tecnologia, mas uma situação da conjuntura a qual ela está associada. A partir disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar sob quais condições a implementação do sistema iLP torna-se economicamente viável, considerando uma fazenda representativa do bioma Cerrado.

Para alcançar esse objetivo, foi desenvolvido um modelo representativo de uma fazenda hipotética com 800 hectares de área produtiva, na qual, seria implementado o sistema iLP, em um período de 20 anos. A construção desse modelo teve como base as premissas consideradas no trabalho do Senar (2013) e foi realizado utilizando dados secundários.

A partir da construção do modelo de uma fazenda hipotética e representativa do bioma Cerrado, o presente estudo buscou atualizar as premissas utilizadas pelo Senar (2013), visto que a conjuntura econômica se alterou consideravelmente em relação à época em que o estudo do Senar (2013) foi realizado, bem como fazer alguns ajustes da metodologia em específicos casos em que o autor dessa dissertação achou conveniente.

Após a construção do modelo da fazenda que iria implantar o sistema iLP, foi realizada a análise de viabilidade econômica, através do FCD, gerando, assim, dois importantes indicadores de retorno econômico: VPL e TIR-M.

Como um primeiro resultado, foi encontrado que o sistema iLP modelado teria um VPL de R\$ 1.201.278,16, o que é equivalente a uma TIR-M de 11,89%. O VPL do sistema iLP é menor que o da lavoura (R\$ 1.570.135,88), em contrapartida, maior do que ao da pecuária (-R\$ 368.857,72), que, isoladamente, não apresentou viabilidade econômica.

No entanto, esses resultados foram alcançados considerando parâmetros escolhidos de forma discricionária. Ou seja, como a análise foi baseada em parâmetros escolhidos de forma arbitrária, havia a possibilidade de que os resultados encontrados seria um mero acaso, entre tantas possibilidades de valores de parâmetros e, conseqüentemente, de VPL e TIR-M. Dessa forma, para verificar a robustez dos resultados encontrados foi realizada a análise de sensibilidade para algumas das variáveis consideradas no modelo.

A principal conclusão que se retira dessa dissertação é que a análise de viabilidade econômica do sistema iLP, apesar de ser observada na maior parte dos cenários simulados, apresenta grandes incertezas e depende muito da conjuntura econômica e técnica, na qual a fazenda, que terá o sistema de integração implantado, está inserida, indo de acordo com a hipótese adotada no início desse dissertação. Assim, a conclusão de viabilidade econômica do sistema iLP na maior parte dos cenários está de acordo com os trabalhos analisados na revisão da literatura realizada nessa dissertação, além de que, a conclusão sobre as incertezas que rondam o sistema iLP vai de acordo com as conclusões do estudo da GVces (2016).

Além disso, foi visto que, no melhor cenário previsto, dentre todas as análises de sensibilidade analisadas⁴⁹, o VPL do sistema iLP seria de R\$ 265,48/hectare/ano. No entanto, para as mesmas premissas, o VPL da lavoura convencional seria de R\$ 288,54. Ou seja, de acordo com esses resultados, a lavoura convencional traria praticamente os mesmos resultados financeiros para o produtor do que o sistema iLP, considerando que os resultados da lavoura convencional foi superestimada nesse estudo.

⁴⁹ Considerando um desvio-padrão acima da média para os VPLs gerados a partir de alterações da produtividade da soja integração.

Por fim, é importante ressaltar que esse estudo não buscou esgotar as discussões sobre o tema, mas apenas contribuir com uma análise mais detalhada e mais técnica sobre um assunto com ainda incipiente discussão na literatura. Portanto, a sugestão que fica é que os estudos sobre o tema sejam ampliados e explorados para dar continuidade a esse trabalho. Entre as linhas de pesquisas que podem ser estudadas estão: (1) fazer a análise de viabilidade econômica de implantação do sistema iLP em fazendas representativas de outras regiões do país; e (2) implementar nas análises econômicas as externalidades positivas que o sistema iLP gera, tais como a redução da emissão de gases de efeito estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. *Integração lavoura-pecuária*. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16 p.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). *Marco referencial: integração lavoura pecuária floresta*. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 132 p. Título e texto em português e inglês. Título equivalente: Reference document crop-livestock-forestry integration.

BEDOYA, D. M. V.; OSAKI, M.; OZAKI, P. M.; CARVALHO, T. B. Estudo de viabilidade econômica na implantação dos sistemas integração lavoura-pecuária, silvopastoril e intensificação de pastagem em propriedades de pecuária de corte. Piracicaba, SP: *Centro de Pesquisas em Economia Aplicada*, 47p. 2012.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Brasília: BNDES. *Programa ABC*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/apoio/abc.html>. Acesso em 01 de out. 2016.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. *Essentials of Investments*. Fundamentos de investimentos. Fifth Edition. The McGraw-Hill Companies, 2003, 774p.

BORSATTO JUNIOR, J. L.; CORREIA, E. F.; GIMENES, R. M. T. Avaliação de empresas pelo método do fluxo de caixa descontado: o caso de uma indústria de ração animal e soluções em homeopatia. *Revista Contabilidade Vista & Revista*. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v.26, n.2, p. 90-113, mai/ago 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)* / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília: MAPA/ACS, 2012. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf. Acesso em: 01 de out. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>. Acesso em 01 de out. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em:

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/5.pdf. Acesso em 01 de out. 2016a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Integração Lavoura Pecuária Floresta. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/4.pdf. Acesso em 01 de out. 2016b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Sistema Plantio Direto. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/6.pdf. Acesso em 01 de out. 2016c.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Fixação Biológica do Nitrogênio. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/2.pdf. Acesso em 01 de out. 2016d.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Florestas Plantadas. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/3.pdf. Acesso em 01 de out. 2016e.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Tratamento de Resíduos Animais. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Abc/7.pdf. Acesso em 01 de out. 2016f.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano ABC*. Ações do Plano. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc/acoes-do-plano>. Acesso em 01 de out. 2016h.

CAMPBELL, H. F.; BROWN, R. P. C. *Benefit-cost analysis: financial and economic appraisal using spreadsheets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 345 p.

CARNEIRO, C. D. *Contabilidade de Custos como Instrumento de Gestão para Micro e Pequenas Empresas*. Monografia. Curso de Graduação em Ciências Contábeis da Faculdade de Ciências Contábeis e Administração do Vale do Juruena. Jun. 2009.

COIMBRA, C. H. G.; PERINA, R. A.; FAUSTO, D. A. Análise econômica de um sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista iPecege*, 1 (1): 63-80, 2015.

COMISSÃO EUROPEIA. *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*. Fundos Estruturais – FEDER, Fundo de Coesão e ISPA. DG Política Regional Comissão Europeia. 2003. Disponível em: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_pt.pdf. Acesso em 07 de nov. 2016.

CORDEIRO, L. A. M. et al. (Ed.). *Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p.

COSTA, R. S. Demonstração dos Fluxos de Caixa (DFC): Conceitos e Estrutura. *Revista Interciência & Sociedade*. vol.1, n.1. mar. 2011.

DAMODARAN, A. *Avaliação de empresas*. Tradução: Sônia Midori Yamamoto e Marcelo Arantes Alvim. Revisão técnica: Mara Luquet. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

EUROPEAN COMMISSION. *Guide to cost-benefit analysis of investment projects: structural funds, cohesion fund and instrument for pre-accession*, 2008. Disponível em: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide2008_en.pdf. Acesso em: 12 out. 2016.

GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 7th edition. Pearson, 2012. 1241 p.

GVces. Contribuições para análise de viabilidade econômica da implementação do Plano ABC e da INDC no Brasil. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, p. 63. 2015. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/contribuicoes-para-analise-da-viabilidade-economica-da-implementacao-do-plano-abc-e-da-indc-no-brasil?locale=pt-br>. Acesso em 15 out. 2016.

INSTITUTO INTERNACIONAL PARA SUSTENTABILIDADE - IIS. Análise econômica de uma pecuária mais sustentável. Rio de Janeiro – RJ. Jan. 2015. Disponível em: <http://www.iis-rio.org/media/publications/relatorio-BC-FINAL.pdf>. Acesso em 03 de out. 2016.

KASSAI, J. R. Conciliação entre a TIR e ROI: uma abordagem matemática e contábil do retorno do investimento. *Caderno de Estudos*, São Paulo, FIECAFI, n.14, julho/dezembro de 1996.

LIMEIRA, A. L. F.; SILVA, C. A. S.; VIEIRA, C.; SILVA, R. N. S. *Contabilidade para executivos*. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008. 120p.

MACEDO, M. A. S.; LUNGA, A.; ALMEIDA, K. Análise de viabilidade econômico-financeira de projetos agropecuários: o caso da implantação de um projeto de produção de produtos apícolas. *XLV Congresso da Sober: Conhecimentos para Agricultura do Futuro*. Londrina: PR. Jul. 2007.

MACHADO, A. K. T.; PAPARAZZO, L. G. *Depreciação*: estudo sobre conceito, aspectos e métodos de cálculo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis). Instituto de Ensino Superior de Londrina. 2013.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L. C. e CECCON, G. *Integração lavoura-pecuária-floresta*. 1. Estruturação dos sistemas de integração lavoura-pecuária. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011.

MAGNABOSCO, C. D. U.; MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; WANDER, A. E.; TROVO, J. B. D. F.; MARTHA JÚNIOR, G. B. *Avaliação econômico-financeira e análise de risco em sistema de integração lavoura e pecuária conduzida no Estado de Goiás*. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 261. 2009. 32p.

MAPA. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 1º Ed., 173 p., 2012. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf. Acesse em 03 de fev.2017.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.10, p. 1117-1126, out. 2011.

MATARAZZO, D. C. *Análise financeira de balanços*: abordagem gerencial. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MISHAN, E. J.; QUAH, E. *Cost Benefit Analysis*. Fifth Edition, Routledge, Abingdon, Oxon, 2007.

MUNIZ, L. C.; FIGUEIREDO, R. S.; MAGNABOSCO, C. U.; WANDER, A. E.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Análise econômica da integração lavoura e pecuária com a utilização do System Dynamics. *XLV Congresso da Sober*. Londrina, PR, julho de 2007.

OLIVEIRA, M. H. F. *A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy*. 2008. 231f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PEIXOTO, B.; PINTO, C. C. X.; LIMA, L.; FOGUEL, M. N.; BARROS, R. P. Avaliação econômica de projetos sociais. Organizador: Naercio Menezes Filho. 1. ed. São Paulo: Dinâmica Gráfica e Editora, 2012.

RICARDO, T. R. *Viabilidade econômica e risco das principais culturas anuais no município de Rio Verde*. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, 2010.

PESTANA, A. S. F. A demonstração de fluxos de caixa como ferramenta estratégica de gestão. Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra: 2014.

RODRIGUES, K. F. C.; ROZENFELD, H. *Análise de viabilidade econômica*. Grupo de Engenharia Integrada e Engenharia de Integração. Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2014.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. *Administração financeira: corporate finance*. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2002.

RUIZ, E. T. N. F. Análise de investimento em projetos agroindustriais tipo Greenfield de bioenergia no Brasil. 2013. 389f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2013.

RUS, G. Introduction to Cost-Benefit Analysis: looking for reasonable shortcuts. Cheltenham e Northampton: Edward Elgar Publishing. 2010.

SAMANEZ, C. P. Matemática financeira: aplicações à análise de investimentos. São Paulo: Prentice-Hall, 2002.

SAMPAIO FILHO, A. C. S. *Taxa interna de retorno modificada: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais*. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Administração. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC. Rio de Janeiro, 2008.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – Senar. Análise financeira de modelos típicos de produção com e sem adoção de práticas de baixo carbono. Projeto FIP-ABC: Produção sustentável em áreas já convertidas para o uso agropecuário (com base no Plano ABC). Brasília: DF. Jul. 2013.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL DE MATO GROSSO (Senar Mato Grosso); EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa Agrossilvopastoril); INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). *Relatório Final do Projeto URTEs*. Cuiabá: MT. Jul. 2014. Disponível em: http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/P259_Relatorio_URTE_-_Versao_Final_3008.pdf. Acesso em 15 out. 2016.

SILVA, H.A; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F. e PONTES, L. S. Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.47, n.6, p. 745-753, jun. 2012.

WANDER, A. E.; SOUZA, R. S.; RICARDO, T. R.; SILVEIRA, P. M. Viabilidade econômica e risco de rotação e consorciação de cultivos para a integração lavoura-pastagem em condições irrigadas no cerrado brasileiro. *Informações Econômicas*, SP, v.40, n.5, p. 34-42, maio 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Indicadores de Viabilidade Econômica

Para calcular o retorno econômico de um projeto há diversas medidas, sendo que todas elas evidenciam uma relação entre o custo e receitas, diferindo apenas em como esses indicadores são construídos. Dentre os mais importantes indicadores de retorno econômico, os quais serão explicitados mais adiante, estão:

- a) Valor Presente Líquido (VPL);
- b) Taxa Interna de Retorno (TIR); e
- c) Taxa Interna de Retorno Modificada (TIR-M).

1. Valor Presente Líquido

De acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 214), o Valor Presente Líquido (VPL) é uma medida de quanto valor é criado ou adicionado hoje por realizar um investimento. De outra forma, Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 215) dizem que o VPL é a diferença entre o valor de mercado de um investimento e seu custo.

Assim, o VPL, nada mais é do que a diferença entre as receitas totais gerados por um projeto e os seus custos totais, todos a valor presente. A ideia por trás do VPL, é que se as receitas totais superam os custos totais de implementação do projeto, então se pode dizer que ele é economicamente viável, ou seja, o programa gera um retorno líquido positivo. Dessa forma, o VPL é calculado a partir da Equação 1:

$$VPL_{(to)} = \left(VR_{to} + \sum \frac{VFR_m}{(1+i)^n} \right) - \left(VC_{to} + \sum \frac{VFC_m}{(1+i)^n} \right) \quad (1)$$

Onde:

- a) VR: Valor das Receitas no presente
- b) VFR: Valor das Receitas no futuro
- c) VC: Valor dos Custos no presente

- d) VFC: Valor dos Custos do Futuro
- e) i : Taxa de desconto intertemporal
- f) n : Tempo do projeto

Uma vez calculado o VPL, a regra de decisão passa a ser:

- d) se $VPL > 0 \rightarrow$ aceita-se o projeto. Isto é, as receitas geradas superam os custos, o que significa dizer que o projeto é economicamente viável;
- e) se $VPL < 0 \rightarrow$ rejeita-se o projeto. Nesse caso, os custos incorridos no projeto superam as receitas geradas, não valendo a pena de ser implementado, ou seja, o projeto não é economicamente viável.
- f) se $VPL = 0 \rightarrow$ retorno neutro; e

Nesse caso, as receitas geradas pelo programa são iguais aos custos incorridos para a implementação do mesmo, ou seja, há indiferença entre implementar ou não o projeto. Segundo Rus (2010, p. 130), a indiferença nesse caso decorre por conta da ideia de que a implementação do programa só irá permitir o reembolso dos investimentos realizados.

Além de saber se um projeto é economicamente viável ou não, pode-se utilizar o VPL para comparar projetos mutuamente exclusivos ou para selecionar um projeto dentre vários, com uma dada restrição orçamentária, como evidencia Rus (2010, p. 131):

The NPV rule is not only valid for the acceptance or rejection of a project that is evaluated individually. The NPV is also the appropriate criterion to choose between mutually exclusive projects or to select from a group of projects in a wider range when there is a budget constraint. In this case the objective is to choose the projects that maximize the NPV.

Assim, quando se quer escolher entre dois projetos ou mais, deve-se optar pelo projeto que tem o maior VPL, o que significa dizer que se deve escolher o projeto que gera um maior lucro. Dessa forma, é importante observar que o VPL positivo é uma condição necessária para se realizar um projeto, mas não uma condição suficiente. Isso porque pode haver outros projetos com o VPL maior ou até mesmo, em um contexto de baixo orçamento, um projeto com VPL mais baixo pode ser preferível a outro mais alto, como observa Rus (2010, p. 120):

The basic decision rule in both the financial and the economic evaluation of projects is: accept the project if the NPV is positive and reject it if it is negative, since in that case we can make better use of the resources in other alternatives. A positive NPV is a necessary condition to undertake a project, but not a sufficient condition, since other projects with a positive NPV could be more socially desirable than the first in a context of limited funding.

Por fim, é importante observar que quanto maior for a taxa de desconto, menor será o valor presente das receitas e custos, afetando diretamente os resultados do VPL. Ou seja, a escolha da taxa de desconto intertemporal afeta diretamente os resultados do VPL, e se não for bem escolhida pode induzir à escolha de projetos menos lucrativos, caso os fluxos das receitas e custos futuros sejam diferentes entre os projetos, como sugere Rus (2010, p. 121):

The choice of discount rate is one of the key aspects of economic evaluation as it can dramatically affect the profitability of the project, or alter the selection of projects as it changes the relative profitability of a project in relation to others that are competing for funding. When the flows of net benefits of the projects being compared have different profiles, the discount rate may be decisive in the selection process [...].

Ainda segundo Rus (2010, p. 124), a seleção de um projeto muda conforme a escolha da taxa de retorno, pois a sua rentabilidade depende não somente da magnitude das receitas e custos, mas também do momento em que ocorrem, ou seja, a sua localização no tempo.

Por exemplo, os benefícios de um projeto, sem desconto intertemporal, podem ser maiores do que de outro projeto alternativo, no entanto, eles ocorrem mais tarde no tempo, assim, a taxa de desconto funciona como um peso para os custos e benefícios ao longo da vida de um projeto. Isto quer dizer que, se a taxa de desconto intertemporal aumenta, o custo de oportunidade do investimento inicial do programa aumenta e quanto mais tarde o benefício for realizado menor será o seu valor presente, impactando negativamente no VPL.

2. Taxa Interna de Retorno (TIR)

Outro indicador de retorno econômico é a Taxa Interna de Retorno (TIR). De acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 223), tenta-se, com a TIR, obter uma única taxa de retorno para sintetizar os méritos de um projeto. Segundo os autores, deseja-se que essa taxa seja “interna”, no sentido de que dependa unicamente dos fluxos de caixa de determinado investimento, e não de taxas oferecidas em outro lugar.

Para Rus (2010, p. 133), o indicador consiste em encontrar o valor de i que faz com que o VPL seja igual a zero, assim, a TIR é a maior taxa de desconto intertemporal que deixa o projeto na fronteira da rentabilidade.

Em outras palavras, é encontrar a taxa de desconto intertemporal (i) que iguala as receitas totais com os custos totais de um projeto, de forma que o VPL seja igual a zero. No mesmo sentido, de acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 223), a TIR de um projeto é a taxa exigida de retorno que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero.

É conhecida como uma taxa interna porque é determinada endogenamente pelo equilíbrio intertemporal entre os valores positivos e negativos do fluxo de caixa. A TIR pode ser encontrada através das Equações 2 e 3:

$$VPL = 0$$

$$VPL_{(to)} = \left(VR_{to} + \sum \frac{VFR_m}{(1+TIR)^n} \right) - \left(VC_{to} + \sum \frac{VFC_m}{(1+TIR)^n} \right) = 0 \quad (2)$$

Ou de outra forma:

$$\left(VR_{to} + \sum \frac{VFR_m}{(1+TIR)^n} \right) = \left(VC_{to} + \sum \frac{VFC_m}{(1+TIR)^n} \right) \quad (3)$$

Portanto, a TIR é a taxa que deixaria o investidor indiferente entre aprovar ou não um projeto, já que a sua implementação só irá permitir o reembolso do investimento inicial. Para Peixoto et al. (2012, p. 156), a TIR é a taxa de oportunidade de investir os recursos no projeto, representando o retorno implícito do investimento.

No entanto, não é possível calcular algebricamente a TIR. De acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 223), a única maneira de calcular a TIR, geralmente, é por tentativa e erro. Isto é, a equação polinomial acima é resolvida por

métodos iterativos, nos quais, a partir de um valor inicial, são testados sucessivos valores até encontrar um que se aproxima razoavelmente da taxa de desconto que realmente equilibra este sistema.

Para poder interpretar a TIR, é necessário compará-la com uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA é a taxa que o investidor esperaria obter com uma aplicação alternativa dos seus recursos que não fosse esse projeto, sendo a escolha dessa taxa feita de forma discricionária pelo avaliador. Assim, a TMA incorpora o valor do dinheiro no tempo, o risco e o retorno mínimo exigido para um determinado programa.

A regra de aceitação do projeto, considerando a TIR, é a seguinte:

d) se $TIR > TMA \rightarrow$ aceita-se o projeto;

Isso significa dizer que o retorno gerado pelo projeto deverá ser maior do que o mínimo desejado pelo avaliador, logo, o projeto é economicamente viável.

e) se $TIR < TMA \rightarrow$ rejeita-se o projeto; e

Nesse caso o retorno gerado pelo projeto deverá ser menor do que o mínimo desejado pelo avaliador, logo, ele não é economicamente viável.

f) se $TIR = TMA \rightarrow$ a implementação do projeto é indiferente

Nesse caso, o avaliador ficará indiferente entre implementar ou não o projeto, pois ele gerará o mesmo retorno que a taxa mínima de retorno esperada.

No entanto, para que a TIR possa ser aplicada para analisar um projeto, duas condições têm que ser atendidas, de acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 225):

a) o fluxo de caixa do projeto precisa ser convencional, isto é, o primeiro fluxo de caixa é negativo e os demais são positivos. Ou seja, é necessário que exista apenas uma inversão de sinal no fluxo de caixa para garantir que exista apenas uma única taxa de desconto que sirva como a TIR. Caso esta condição não seja satisfeita, há a possibilidade de o sistema apresentar mais de uma taxa de desconto que equilibre intertemporalmente os valores positivos e negativos do fluxo de caixa; e

- b) o projeto precisa ser independente. A decisão de aceitar ou rejeitar o projeto não afeta a decisão com relação a qualquer outro projeto. Caso esta condição seja violada, devem ser considerados na análise todos os demais projeto cujo retorno dependa/influencie os resultados do projeto em questão.

Assim, é importante ressaltar que, segundo Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 225), para a tomada de decisão entre aceitar ou não um projeto, caso as duas condições acima sejam satisfeitas, a regra de decisão da TIR irá sempre à mesma direção da regra de decisão do VPL, vista anteriormente.

Isto é, quando TMA for menor do que a TIR, o VPL será positivo, levando o avaliador a aceitar o projeto, já que ele é economicamente viável. Por outro lado, quando TMA for maior do que a TIR, o VPL será negativo, fazendo com que o avaliador rejeite o projeto.

No entanto, quando o avaliador tem de escolher entre dois ou mais projetos, mutuamente exclusivos, pode ocorrer que os critérios de decisão do VPL e da TIR não coincidam, ou seja, enquanto o VPL sugere um projeto como o que gera maiores receitas, a TIR pode sugerir outro projeto, como mostra Campbell e Brown (2003, p. 45):

[...] NPV and IRR [Internal Rate of Return] give identical results for accept vs. reject decisions when considering an individual project. [...] This may not be the case when a choice has to be made between two or more projects.

Assim, nesse caso, deve-se utilizar a regra de decisão do VPL, pois ela dará a classificação entre os projetos, ou seja, o projeto com maior VPL é preferível em detrimento do projeto com menor VPL. A TIR, no entanto, não serve como uma classificação do retorno econômico do projeto, pois ela é muito sensível ao tempo de vida econômica do programa e ao tempo em que os benefícios serão auferidos.

De acordo com European Commission (2008, p. 213), quando projetos com diferentes tempos de vida são comparados, a abordagem da TIR superestima a capacidade de um projeto de vida curta, já que a TIR é uma função do período de tempo e do capital investido. Além disso, quando há projetos que não produzem receitas por muito tempo, a TIR tende a ser menor em relação aos projetos com uma distribuição mais uniforme de receitas no tempo, mesmo que o VPL do primeiro caso

seja maior. Por fim, o cálculo da TIR não permite casos em que a taxa de desconto intertemporal varia com o tempo, já o VPL permite que alterações na taxa de desconto sejam implementadas facilmente nos cálculos.

Dessa forma, a utilização da TIR como forma de calcular o retorno econômico de um projeto tem vantagens e desvantagens, como pode ser visto a seguir, de acordo com Ross, Westerfield e Jordan (2009, p. 228 e 229):

a) vantagens do uso da TIR:

- a) A TIR é amplamente utilizada: na prática, a TIR é muito utilizada, até mesmo mais do que o VPL. Isso ocorre, segundo os autores, pois as pessoas em geral, aparentemente, preferem falar em termos de taxas de retorno do que de valores monetários.
- b) Por ser expressa em percentuais, é um indicador de fácil entendimento e permite uma comparação direta entre diversos projetos;
- c) A TIR pode ter uma vantagem prática em relação ao VPL, já que não é possível estimar o VPL a menos que se conheça a taxa de desconto apropriada, mas ainda assim pode-se estimar a TIR.
- d) É intimamente relacionada com o Valor Presente Líquido (VPL) e geralmente leva à mesma decisão;
- e) O cálculo da TIR considera o valor do dinheiro no tempo.

b) desvantagens do uso da TIR:

- a) Pode apresentar respostas múltiplas, caso os fluxos de caixa não forem convencionais.
- b) Pode levar à decisão errada na comparação de investimentos mutuamente excludentes.

Além disso, a TIR é a raiz de uma função polinomial. O número de possíveis raízes é determinado pelo número de inversões de sinais. Ou seja, se há apenas uma inversão de sinal (exemplo: investimento (-) no período inicial e uma sequência de fluxos de caixa positivos (+) nos demais períodos), haverá apenas uma solução. Todavia, se houver mais de uma mudança de sinal (exemplo:

investimento (-) no período inicial e uma sequência de fluxos de caixa com valores positivos (+) em alguns períodos e negativos (-) em outros), o sistema pode apresentar mais de uma raiz distinta. Nesta situação, qual raiz (ou TIR) deverá ser utilizada? Além disso, não há qualquer garantia de que esta raiz tenha qualquer significado econômico razoável, podendo inclusive ser uma raiz não-real.

Endogenamente, este método de cálculo aplica a mesma taxa de desconto (a própria TIR) para todos os períodos e para todos os fluxos de caixa, independente se são positivos ou negativos. Em algumas situações talvez isso não seja razoável. Por exemplo, um fluxo de caixa positivo provavelmente será remunerado por uma taxa de juros de mercado, se aplicado, ou por uma taxa de capitalização, se reinvestido. De qualquer forma, nada garante que as duas taxas anteriores sejam iguais a TIR. De maneira semelhante, um fluxo de caixa negativo pode ser encarado como um novo financiamento e nada garante que este seja financiado a uma taxa igual a TIR. Por fim, a TIR é obtida por métodos iterativos, o que leva a resultados aproximados.

3. Taxa Interna de Retorno Modificada (TIR-M)

Para superar as desvantagens apresentadas pelo método tradicional de calcular a TIR, sem perder suas principais qualidades, é proposto o uso da Taxa Interna de Retorno Modificada (TIR-M). De acordo com Kassai (1996, p. 5), a TIR-M é uma nova versão da TIR convencional e procura corrigir seus problemas estruturais relacionados às questões das raízes múltiplas ou inexistentes e das taxas reais de financiamento dos investimentos e de reinvestimentos dos lucros.

Este método calcula a TIR dando um tratamento diferenciado para os fluxos de caixa positivos e negativos, de forma a garantir a existência de apenas uma única taxa de desconto que equilibra intertemporalmente o sistema. A principal diferença deste método é que os fluxos (no caso, diferença entre as receitas e os custos do programa em cada período de tempo, R-C) de caixa positivos e negativos têm um tratamento distinto.

De acordo com Sampaio Filho (2008, p. 28), para obtenção da TIR-M, os fluxos de caixa são trazidos a valor presente, com uma taxa de financiamento compatível com as de mercado, enquanto que os fluxos intermediários positivos são levados a valor futuro no último período do fluxo de caixa, a partir de uma taxa de reinvestimento adequada com as praticadas no mercado.

Ou seja:

$$Soma_{neg} = \frac{R - C_{neg0}}{(1 + i_d)^0} + \frac{R - C_{neg1}}{(1 + i_d)^1} + \frac{R - C_{neg2}}{(1 + i_d)^2} + \dots + \frac{R - C_{negN}}{(1 + i_d)^N} \quad (4)$$

$$Soma_{pos} = (R - C)_{pos0} (1 + i_c)^{N-0} + (R - C)_{pos1} (1 + i_c)^{N-1} + \dots + (R - C)_{pos_{N-1}} (1 + i_c)^1 + (R - C)_{posN} (1 + i_c)^0 \quad (5)$$

Onde:

- R são as receitas;
 - C são os custos;
 - Soma_{neg} é a soma dos fluxos de caixa (R-C) negativos trazidos a valor presente (t=0);
 - (R-C_{negj}) o valor do fluxo de caixa negativo no período j, j = 0, 1, ..., N.
- Se o valor do fluxo de caixa no período j for positivo, R-C_{negj} = 0;
- i_d é a taxa de desconto aplicada aos fluxos de caixa negativos. Pode ser, por exemplo, uma taxa de financiamento;
 - Soma_{pos} a soma dos fluxos de caixa (R-C) positivos trazidos a valor futuro (t = N);
 - (R-C_{posj}) o valor do fluxo de caixa positivo no período j, j = 0, 1, ..., N.
- Se o valor do fluxo de caixa no período j for negativo, B-C_{posj} = 0;
- i_c é a taxa de desconto aplicada aos fluxos de caixa positivos. Pode ser, por exemplo, uma taxa de capitalização ou uma taxa de juros de mercado.

Uma vez obtidas a soma dos fluxos de caixa negativos trazidos a valor presente (t = 0) e a soma dos fluxos de caixa positivos trazidos a valor futuro (t = N), será calculada a taxa de desconto que iguala estas duas “somadas”. Esta taxa de desconto será a nova TIR, que será chamada de TIR-M. Ou seja:

$$Soma_{neg} = \sum_{j=0}^N \frac{(R - C)_{negj}}{(1 + i_d)^j} \quad (6)$$

$$Soma_{pos} = \sum_{j=0}^N (R - C)_{pos_j} (1 + i_c)^{N-j} \quad (7)$$

Portanto, deseja-se calcular a taxa de desconto que iguala intertemporalmente estas duas “somadas”:

$$Soma_{neg} = \frac{Soma_{pos}}{(1 + TIRM)^N} \Leftrightarrow \sum_{j=0}^N \frac{(R - C)_{neg_j}}{(1 + i_d)^j} = \frac{\sum_{j=0}^N (R - C)_{pos_j} (1 + i_c)^{N-j}}{(1 + TIRM)^N}$$

Dado que há apenas dois períodos a serem considerados ($t = 0$ e $t = N$), é possível calcular algebricamente esta nova taxa de desconto:

$$TIRM = \left(\frac{\sum_{j=0}^N (R - C)_{pos_j} (1 + i_c)^{N-j}}{\sum_{j=0}^N \frac{(R - C)_{neg_j}}{(1 + i_d)^j}} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \quad (8)$$

Em síntese, este método de calcular a TIR, chamado de TIR Modificada, sugere que os fluxos de caixa positivos sejam levados a valor futuro ($t = N$) e os fluxos de caixa negativos a valor presente ($t = 0$) por taxas de desconto que podem ser distintas para cada caso. Desse modo, o novo fluxo de caixa apresentaria apenas dois períodos e uma mudança de sinal, logo uma única taxa interna de retorno. E esta pode ser algebricamente determinada. Dessa forma, as vantagens e desvantagem da TIR-M são as seguintes:

a) vantagens da TIR-M:

- a) ao usar este método, uma única TIR-M é encontrada para qualquer conjunto de fluxos de caixa. Elimina-se o problema de múltiplas TIR para um mesmo sistema.
- b) manteria forte relação com o Valor Presente Líquido (VPL), geralmente levando a decisões semelhantes (viabilidade ou não).
- c) também seria de fácil compreensão e permitiria comparação diretamente a viabilidade de distintos projetos.
- d) proporciona flexibilidade ao sistema, uma vez que os valores dos fluxos de caixa positivos não precisam ser trazidos a valor presente ou futuro por uma mesma taxa de desconto; esta taxa muito menos precisa ser a própria TIR.

b) desvantagem da TIR-M:

- a) este método também só pode ser aplicado em projetos que sejam independentes.

É importante ressaltar que o critério de decisão da TIR-M em relação a viabilidade econômica de um programa é a mesma que a da TIR, ou seja:

- a) se $TIR-M > TMA \rightarrow$ o programa é economicamente viável;
- b) se $TIR-M < TMA \rightarrow$ o programa não é economicamente viável; e
- c) se $TIR-M = TMA \rightarrow$ a implementação do programa é indiferente.

APÊNDICE B: equações e premissas do modelo

B.1 EQUAÇÕES E PREMISSAS DA LAVOURA

- 1) A área destinada à lavoura, em cada ano, está especificada da seguinte maneira:

$$area_{i,t}$$

Onde:

- $area_{i,t}$: área destinada ao produto i , no tempo t
- $t = 1$ a 20
- $i = 1$ a 5 , sendo que:
 - 1: Soja Primeiro Ano Plantio Direto;
 - 2: Soja Segundo Ano Plantio Direto;
 - 3: Soja Terceiro Ano Plantio Direto;
 - 4: Soja Integração Plantio Direto; e
 - 5: Milho Integração Plantio Direto.
- $area_{1,t}$
 - Se $t=1$, $area_{1,1} = 400$ hectares
 - Se $t>1$, $area_{1,t} = 0$
- $area_{2,t}$
 - Se $t=2$, $area_{2,2} = 400$ hectares
 - Se $t=3$, $area_{3,2} = 200$ hectares
 - Se $t=1, 4$ a 20 , $area_{2,t} = 0$
- $area_{3,t}$
 - Se $t=3$ e 4 , $area_{3,t} = 200$ hectares
 - Se $t=1, 2, 5$ a 20 , $area_{3,t} = 0$
- $area_{4,t}$
 - Se $t=4$, $area_{4,4} = 200$ hectares
 - Se $t=5$ a 20 , $area_{4,t} = 400$ hectares
 - Se $t=1, 2$ e 3 , $area_{3,t} = 0$
- $area_{5,t}$
 - Se $t=1$, $area_{5,1} = 400$ hectares

- Se $t=2$ a 20 , $area_{5,t} = 200$ hectares

2) A produtividade de cada produto da lavoura está especificada da seguinte maneira:

$$prod_{i,t}$$

Onde:

- $prod_{i,t}$: produtividade do produto i , no tempo t , sendo que:
 - Se $i = 1$: $prod_{1,t} = 45$ sacas por hectare, para todo t ;
 - Se $i = 2$: $prod_{2,t} = 50$ sacas por hectare, para todo t ;
 - Se $i = 3$: $prod_{3,t} = 60$ sacas por hectare, para todo t ;
 - Se $i = 4$: $prod_{4,t} = 65$ sacas por hectare, para todo t ;
 - Se $i = 5$ e $t = 1$, $prod_{5,1} = 135$ sacas por hectare;
 - Se $i = 5$ e $t = 2$, $prod_{5,2} = 160$ sacas por hectare; e
 - Se $i = 5$ e $t = 3$ a 20 , $prod_{5,t} = 170$ sacas por hectare.

3) A produção da lavoura está especificada conforme a Equação 1.

$$Prod_{i,t} = \sum_{i=1}^5 area_{i,t} \times prod_{i,t} \quad (1)$$

Onde:

- $Prod_{i,t}$: produção do produto i , no tempo t ;
- $area_{i,t}$: área destinada ao produto i , no tempo t ;
- $prod_{i,t}$: produtividade do produto i , no tempo t .

4) A receita operacional bruta da lavoura pode ser calculada conforme a Equação 2⁵⁰.

⁵⁰ No trabalho do Senar (2013, p. 143), foi somado à receita operacional do primeiro ano o valor do custeio associado (R\$ 1.379.010,92). No entanto, nesse trabalho, isso não será feito, uma vez que o autor entende que o custeio associado deva entrar apenas como financiamento, e não como receita operacional.

$$receita_lav_t = \left(\sum_{i=1}^5 Prod_{i,t} \times preco_i \right) \quad (2)$$

Onde:

- receita_lav_t: refere-se ao valor da receita operacional bruta da lavoura no ano t.
- Prod_{i,t}: produção do produto i, no tempo t; e
- preco_i: preço do produto i, para todos os anos t, sendo que:
 - Se i = 1 a 4, preco_i = R\$ 76,85 por saca
 - Se i = 5, preco₅ = R\$ 37,54 por saca

5) Os custos operacionais podem ser calculados conforme a Equação 3.

$$custos_operac_lav_t = \left(\sum_{i=1}^5 custo_prod_lav_t \right) + despesas_lav_t \quad (3)$$

Onde:

- custos_operac_lav_t: refere-se aos custos operacionais da lavoura no tempo t;
- custo_prod_lav_t: é o custo de produção ocorrido na lavoura, no ano t; e
- despesas_lav_t: são as despesas operacionais incorridas na lavoura no tempo t.

6) Os custos de produção da lavoura serão calculados conforme a Equação 4.

$$custo_prod_lav_t = \sum_{i=1}^5 (area_{i,t} \times custeio_ha_i) + manut_benf_lav_t \quad (4)$$

Onde:

- custo_prod_lav_t: é o custo de produção incorrido na lavoura, no ano t;
- area_{i,t}: área destinada ao produto i, no tempo t;

- $custeio_ha_i$: é o custeio por hectare do produto i , para qualquer tempo t , onde:
 - se $i = 1$, $custeio_ha_i = R\$ 2.351,46$ por hectare
 - se $i = 2$, $custeio_ha_i = R\$ 2.317,08$ por hectare
 - se $i = 3$, $custeio_ha_i = 2.333,79$ por hectare
 - se $i = 4$, $custeio_ha_i = R\$ 2.287,67$ por hectare
 - se $i = 5$, $custeio_ha_i = R\$ 2.834,97$ por hectare
- $manut_benf_lav_t$: refere-se aos custos incorridos na manutenção de benfeitorias na lavoura, em cada ano t , sendo igual a R\$ 20.945,23 para todo ano t .

7) As despesas operacionais da lavoura podem ser calculadas através da Equação 5.

$$despesas_lav_t = (adm_lav_t + deprec_lav_t) \quad (5)$$

Onde:

- $despesas_lav_t$: são as despesas operacionais incorridas na lavoura no tempo t
- adm_lav_t : refere-se às despesas incorridas na administração geral da lavoura, em cada tempo t , sendo igual a R\$ 18.667,77 (R\$ 224.013,20 por ano).
- $deprec_lav_t$: refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na lavoura.

8) As despesas com depreciação dos investimentos da lavoura podem ser calculadas através da Equação 6.

$$deprec_lav_t = (tx_deprec_lav_t \times \sum_1^t invest_lav_t) \quad (6)$$

Onde:

- $deprec_lav_t$: refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na lavoura.
- $tx_deprec_lav_t$: indica a taxa de depreciação dos ativos da lavoura no ano t , sendo que:
 - Para $t=1$, $tx_deprec_t = 2,2\%$;
 - Para $t=2$, $tx_deprec_t = 2,8\%$; e
 - Para $t=3$ a 20 , $tx_deprec_t = 5,4\%$.
- $invest_capital_lav_t$: refere-se ao valor investido em capital produtivo na lavoura em cada ano t , sendo que:
 - se $t=1$, $invest_capital_lav_1 = R\$ 2.222.950,17$;
 - se $t=2$, $invest_capital_lav_2 = R\$ 407.228,62$;
 - se $t=3$, $invest_capital_lav_3 = R\$ 71.170,24$; e
 - se $t=4$ a 20 , $invest_capital_lav_t = 0$

9) A margem de contribuição da lavoura pode ser calculada através da Equação 7.

$$margem_lav_t = receita_lavoura_t - custo_prod_lav_t \quad (7)$$

Onde:

- $margem_lav_t$: é a margem de contribuição da lavoura no tempo t ;
- $receita_lav_t$: é a receita operacional bruta da lavoura para o tempo t ; calculada conforme Equação 2;
- $custo_prod_lav_t$: é o custo de produção da lavoura no tempo t , calculado conforme Equação 4.

10) O lucro bruto da lavoura pode ser calculada através da Equação 8.

$$lucro_bruto_lav_t = margem_lav_t - despesas_lav_t - juros_lav_t \quad (8)$$

Onde:

- $lucro_bruto_lav_t$: é o lucro bruto da lavoura em cada tempo t ;

- $margem_lav_t$: é a margem de contribuição da lavoura no tempo t ; calculado conforme a Equação 7;
- $despesas_lav_t$: é o valor das despesas operacionais da lavoura para no t ; calculado conforme a Equação 5;
- $juros_lav_t$: é o valor dos juros referente ao financiamento da atividade de lavoura captado através da linha ABC BNDES no tempo t .

11) Os juros referente ao financiamento da lavoura podem ser calculados conforme a Equação 9.

$$juros_lav_t = tx_juros \times \left(\sum_{i=1}^t invest_lav_i \right) - \sum_{i=1}^{t-1} amort_lav_{i-1} \quad (9)$$

Onde:

- $juros_lav_t$: refere-se ao montante de juros a ser pago referente ao financiamento adquirido para a atividade de lavoura no tempo t ;
- tx_juros : refere-se a taxa de juros cobrada pela linha ABC BNDES, que, no momento, é de 8,5% ao ano;
- $invest_lav_t$: refere-se ao montante de investimentos entre capital produtivo e custeio associado realizado para a atividade de lavoura, no tempo t ; e
- $amort_lav_{t-1}$: refere-se ao valor amortizado do financiamento até o ano $t-1$.

12) O investimento na lavoura pode ser calculado através da Equação 10.

$$invest_lav_t = invest_capital_lav_t + custeio_assoc_lav_t \quad (10)$$

Onde:

- $invest_lav_t$: refere-se ao montante de investimentos entre capital produtivo e custeio associado realizado para a atividade de lavoura, no tempo t ;

- $invest_capital_lav_t$: refere-se ao valor investido em capital produtivo (máquinas, equipamentos e veículos) na lavoura em cada ano t ; e
- $custeio_assoc_lav_t$: refere-se ao montante financiado pela linha ABC BNDES destinado ao custeio associado, sendo que:
 - Para $t=1$, $custeio_assoc_lav_1 = R\$ 1.412.291,32$;
 - Para $t>1$, $custeio_assoc_lav_t = 0$

13) O prazo de pagamento do financiamento para os projetos de lavoura é de 8 (oito) anos, sendo que 3 (três) desses anos são referentes ao período de carência. Logo, nos primeiros 3 anos a amortização do financiamento da lavoura ($amort_lav_t$) é igual a zero.

Além disso, no ano 4, será amortizado um quinto do financiamento para a lavoura obtido no primeiro ano, ou seja, a amortização será de R\$ 727.048,30. No ano 5, será amortizado R\$ 727.048,30 mais um quinto do financiamento obtido no segundo ano, ou seja, no quinto ano será amortizada a quantia de R\$ 808.494,02. No ano 6, será amortizado a quantia de R\$ 808.494,02 mais um quinto do financiamento obtido no terceiro ano, ou seja, no sexto ano será amortizada a quantia de R\$ 822.728,07.

Nos anos 7 e 8 também serão amortizados as quantias de R\$ 822.728,07. No ano 9, será amortizado um quinto do valor financiado no ano 2 e um quinto do valor financiado no ano 3, totalizando a quantia de R\$ 95.679,77. Por fim, no ano 10, será amortizado um quinto do financiamento obtido no ano 3, totalizando a quantia de R\$ 14.234,05.

14) O lucro líquido obtido, em cada ano, pela atividade de lavoura pode ser calculado conforme a Equação 11.

$$lucro_liq_lav_t = lucro_bruto_lav_t - impostos_lav_t \quad (11)$$

Onde:

- $lucro_liq_lav_t$: é o lucro líquido da lavoura no tempo t ;
- $lucro_bruto_lav_t$: é o lucro bruto da lavoura no tempo t ; calculado conforme a Equação 8; e

- $impostos_t$: é o total a ser pago de imposto no tempo t , referente à atividade de lavoura.

15) O imposto a ser pago pelo produtor, em cada ano, pode ser calculado conforme a Equação 12.

$$impostos_t = impostos_rec_lav_t + impostos_lucro_lav_t \quad (12)$$

Onde:

- $impostos_t$: é o total a ser pago de imposto no tempo t , referente à atividade de lavoura;
- $impostos_rec_lav_t$: é o montante, em real (R\$), a ser pago de imposto que é calculado sobre a receita operacional bruta da lavoura, em cada ano t . É o caso da taxa Senar e do Funrural; e
- $impostos_lucro_lav_t$: é o montante, em real (R\$), a ser pago de imposto que é calculado sobre o lucro bruto da lavoura. É o caso do Imposto de Renda (IR).

16) O imposto sobre receitas pode ser calculado de acordo com a Equação 13.

$$impostos_rec_lav_t = (tx_Senar \times receita_lav_t) + (tx_Funrural \times receita_lavoura_t) \quad (13)$$

Onde:

- tx_Senar : é a taxa a ser paga ao Senar. A taxa Senar considerada é de 0,2%.
- $receita_lav_t$: refere-se ao valor da receita operacional bruta da lavoura no ano t , calculada conforme a Equação 2.
- $tx_Funrural$: é a taxa a ser paga ao Funrural. A taxa Funrural considerada é de 2,1%.

17) O imposto sobre o lucro da lavoura para cada ano t ($impostos_lucro_lav_t$) é calculado sobre o lucro bruto da lavoura, que é calculado seguindo a tabela de

tributação ou tributando 20% da receita operacional bruta seguindo também a tabela de tributação.

18) O Fluxo de Caixa Operacional (FCO) da lavoura, para cada ano t , pode ser calculado conforme a Equação (14).

$$FCO_{lav_t} = lucro_{liq}_{lav_t} + deprec_{lav_t} - reinvest_{lav_t} + resid_{lav_t} \quad (14)$$

Onde:

- FCO_{lav_t} : é o fluxo de caixa operacional da lavoura no tempo t ;
- $lucro_{liq}_{lav_t}$: é o lucro líquido da lavoura no tempo t , conforme calculado na Equação 11;
- $deprec_{lav_t}$: refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na lavoura, conforme calculadas na Equação 6.
- $reinvest_{lav_t}$: é o valor do reinvestimento na atividade de lavoura, feito com capital próprio, no tempo t , sendo que
 - Para $t = 6$ e 16 , $reinvest_{lav_t} = R\$ 237.234,96$;
 - Para $t = 11$, $reinvest_{lav_t} = R\$ 1.771.013,50$; e
 - Para $t \neq 6, 11$ e 16 , $reinvest_{lav_t} = R\$ 0$
- $resid_{lav_t}$: refere-se ao valor residual dos investimentos realizados na lavoura, em cada ano t . Onde:
 - Para $t=20$, $resid_{lav_t} = R\$ 651.067,11$;
 - Caso contrário, $resid_{lav_t} = 0$.

19) O Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOL), para cada ano t , pode ser calculado conforme a Equação 15.

$$FCOL_{lav_t} = FCO_{lav_t} - amort_{lav_t} \quad (15)$$

Onde:

- $FCOL_{lav_t}$: é o FCOL da lavoura em cada tempo t .
- FCO_{lav_t} : é o FCO da lavoura em cada tempo t .

- amort_lav_t : é o valor de amortização do financiamento em cada tempo t , conforme foi definido anteriormente.

20) O cálculo do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) ou retorno econômico da lavoura, para cada ano t , pode ser realizado por meio da Equação 16.

$$\text{retorno_lav}_t = \text{FCOL_lav}_t - \text{deprec_lav}_t - \text{invest_lav}_t \quad (16)$$

Onde:

- retorno_lav_t : é o retorno econômico da lavoura em cada tempo t ;
- FCOL_lav_t : é o FCOL da lavoura em cada tempo t , calculado conforme a Equação 15;
- deprec_lav_t : refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na lavoura, conforme calculado na Equação 6.
- invest_lav_t : refere-se ao montante de investimentos entre capital e custeio associado realizado para a atividade de lavoura, no tempo t , conforme calculado pela Equação 10.

B.2 EQUAÇÕES E PREMISSAS DA PECUÁRIA

1) O número de cabeças de bezerros e novilhos, no final de cada ano, é dado pela Equação 17.

$$\text{cabeças}_{i,t} = \text{inicio}_{i,t} + \text{aquis}_{i,t} - \text{perdas}_{i,t} - \text{vendas}_{i,t} \quad (17)$$

Onde:

- $\text{cabeças}_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i no final de cada ano t , sendo que:
 - se $i=1$: bezerros;
 - se $i=2$: novilhos de 1 a 2 anos; e
 - se $i=3$: novilhos de 2 a 3 anos
- t : refere-se ao ano, de 1 a 20

- $inicio_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i no início do ano t . Seguindo as mesmas premissas de Senar (2013, p. 147 e 148), tem-se que:
 - Se $i=1$ e $t = 1$; $inicio_{1,t} = 400$ cabeças⁵¹
 - Se $i=1$ e $t > 1$; $inicio_{1,t} = 0$ ⁵²
 - Se $i=2$ e $t = 1$; $inicio_{2,t} = 400$ cabeças
 - Se $i=2$ e $t > 1$; $inicio_{2,t} = inicio_{1,t-1}$ ⁵³
 - Se $i=3$ e $t = 1$; $inicio_{3,t} = 0$
 - Se $i=3$ e $t > 1$; $inicio_{3,t} = inicio_{2,t-1}$ ⁵⁴
- $aquis_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i adquiridas no ano t . Seguindo as mesmas premissas de Senar (2013, p. 147 e 148), tem-se que:
 - Se $i=1$ e $t = 1$ e 2 ; $aquis_{1,t} = 0$
 - Se $i=1$ e $t > 2$; $aquis_{1,t} = 200$ cabeças
 - Se $i=2$ e $t = 1$ e 2 ; $aquis_{2,t} = 0$
 - Se $i=2$ e $t = 3$ e 4 ; $aquis_{2,t} = 250$ cabeças
 - Se $i=2$ e $t > 4$; $aquis_{2,t} = 200$ cabeças
 - Se $i=3$ e $t = 1$ e 2 ; $aquis_{3,t} = 0$

⁵¹ No ano 1, no início do ano são adquiridos pelo proprietário da fazenda 400 cabeças de bezerros e 400 cabeças de novilhos de 1 a 2 anos para dar início à produção pecuária.

⁵² Nesse estudo, assim como no trabalho do Senar (2013, p. 147 e 148), foi considerado igual à zero, o número de cabeças de bezerros ($i=1$) no início do ano ($inicio_{1,t}$), para todo ano t , exceto $t=1$. Isso ocorre porque todo bezerro do final do ano t , que não foi perdido ou vendido, vira novilho de 1 a 2 anos no início do ano $t+1$.

⁵³ Todo novilho de 1 a 2 anos, que não foi vendido ou perdido durante o ano t , torna-se, em $t+1$, um novilho de 2 a 3 anos. Logo, o número de cabeças de novilhos de 1 a 2 anos ($i=2$) considerado no início de cada ano é igual ao número de cabeças de bezerros ($i=1$) no final do ano anterior ($t-1$).

⁵⁴ O número de cabeças de novilhos de 2 a 3 anos ($i=3$) no início de cada ano (t) é igual ao número de cabeças de novilhos de 1 a 2 anos ($i=2$) no fim do ano anterior ($t-1$).

- Se $i=3$ e $t = 3$; $aquis_{3,3} = 200$ cabeças
- Se $i=3$ e $t > 4$; $aquis_{3,t} = 250$ cabeças
- $perdas_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i que morreram no ano t . O cálculo da perda $_{i,t}$ é dado pela Equação 18.

$$perdas_{i,t} = (taxa_mortalidade_{i,t}) \times (aquis_{i,t} + inicio_{i,t}) \quad (18)$$

Onde:

- $taxa_mortalidade_{i,t}$: representa a taxa de mortalidade de i no ano t .

A taxa de mortalidade representa quantas cabeças do bovinos (bezerros, novilhos de 1 a 2 anos ou novilhos de 2 a 3 anos) disponíveis no início do ano t e adquiridos durante o ano t morreram durante esse mesmo ano.

Nesse estudo, assim como foi feito no estudo do Senar (2013, p. 147 e 148)⁵⁵, a taxa de mortalidade do rebanho difere para cada tipo de animal e para cada um dos anos, conforme segue:

- Para $i = 1$
 - para $t = 1$, $taxa_mortalidade_{1,1} = 2,00\%$; e
 - para $t = 2$ a 20 , $taxa_mortalidade_{1,t} = 1,00\%$;
- Para $i = 2$
 - para $t = 1$, $taxa_mortalidade_{2,1} = 1,50\%$;
 - para $t = 2$, $taxa_mortalidade_{2,2} = 1,28\%$;
 - para $t = 3$, $taxa_mortalidade_{2,3} = 1,20\%$;
 - para $t = 4$, $taxa_mortalidade_{2,4} = 1,12\%$; e
 - para $t = 5$ a 20 , $taxa_mortalidade_{2,t} = 1,01\%$.
- Para $i = 3$
 - para $t = 1$ e 2 , $taxa_mortalidade_{3,t} = 0,68\%$;

⁵⁵ No estudo do Senar (2013, p. 147 e 148), não está explícito quais taxas de mortalidade foram consideradas. Mas fazendo as contas de forma inversa, encontram-se as taxas de mortalidade que foram consideradas nessa dissertação.

- para $t = 3$ e 5 , $\text{taxa_mortalidade}_{3,t} = 0,23\%$;
 - para $t = 4$, $\text{taxa_mortalidade}_{3,4} = 0,00\%$; e
 - para $t = 5$ a 20 , $\text{taxa_mortalidade}_{3,t} = 0,26\%$
- $\text{vendas}_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i vendidas no ano t .

Como premissa dessa dissertação, bem como do Senar (2013, p. 147 e 148), considerou-se que nenhuma cabeça de bezerro ($i=1$) será vendida. Logo: $\text{vendas}_{1,t} = 0$, para todo ano t

Além disso, todas as cabeças de novilhos de 2 a 3 anos ($i=3$) serão vendidas no final de cada ano t . Logo:

$$\text{vendas}_{3,t} = (\text{início}_{3,t} + \text{aquis}_{3,t} - \text{perdas}_{3,t}) \quad (19)$$

Por fim, a venda de novilhos de 1 a 2 anos ($i=2$) será proporcional à taxa de precocidade do rebanho, e poderá ser definida de acordo com a Equação 20:

$$\text{vendas}_{2,t} = (\text{início}_{2,t} + \text{aquis}_{2,t} - \text{perdas}_{2,t}) \times \text{tx_precoc}_t \quad (20)$$

Onde:

- tx_precoc_t : é a taxa de precocidade ou taxa de maturação do novilho de 1 a 2 anos ($i=2$) no ano t . As taxas de precocidade consideradas nesse estudo, bem como no trabalho realizado pelo Senar (2013, p. 147) são:
 - Para $t = 1$, $\text{tx_precocidade}_{2,1} = 25,0\%$;
 - Para $t = 2$, $\text{tx_precocidade}_{2,2} = 40,0\%$;
 - Para $t = 3$, $\text{tx_precocidade}_{2,3} = 50,0\%$;
 - Para $t = 4$, $\text{tx_precocidade}_{2,4} = 60,0\%$; e
 - Para $t = 5$ a 20 , $\text{tx_precocidade}_{2,t} = 65,0\%$.

2) A Unidade Animal (UA) equivalente ao número de cabeças de bovinos no final de cada ano t é dada pela Equação 21.

$$UA_final_t = UA_inicio_t + UA_aquis_t - UA_perdas_t - UA_vendas_t \quad (21)$$

Onde:

- UA_final_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos no final de cada ano t.
- UA_inicio_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos no início de cada ano t. É dada pela Equação 22:

$$UA_inicio_t = \sum_{i=1}^3 (cabeças_{i,t} \times UA_media_i) \quad (22)$$

Onde:

- $cabeças_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i no final de cada ano t, calculado através da Equação 17, vista anteriormente; e
- UA_media_i : corresponde a UA média de cada tipo de novilho e bezerro, sendo que:
 - Se $i=1$, $UA_media_1 = 0,38$
 - Se $i=2$, $UA_media_2 = 0,81$
 - Se $i=3$, $UA_media_3 = 1,00$
- UA_aquis_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos adquiridas ao longo de cada ano t. É dada pela Equação 23.

$$UA_aquis_t = \sum_{i=1}^3 (aquis_{i,t} \times UA_media_i) \quad (23)$$

Onde:

- $aquis_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i adquiridas no ano t, definido anteriormente; e
- UA_media_i : corresponde a UA média de cada tipo de novilho e bezerro, sendo que:
 - Se $i=1$, $UA_media_1 = 0,38$
 - Se $i=2$, $UA_media_2 = 0,81$
 - Se $i=3$, $UA_media_3 = 1,00$

- UA_perdas_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos perdidas ao longo de cada ano t . É dada pela Equação 24.

$$UA_perdas_t = \sum_{i=1}^3 (perdas_{i,t} \times UA_media_i) \quad (24)$$

Onde:

- $perdas_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i que morreram no ano t , calculado pela Equação 18, vista anteriormente.
- UA_media_i : corresponde a UA média de cada tipo de novilho e bezerro, sendo que:
 - Se $i=1$, $UA_media_1 = 0,38$
 - Se $i=2$, $UA_media_2 = 0,81$
 - Se $i=3$, $UA_media_3 = 1,00$
- UA_vendas_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos vendidas durante cada ano t , e pode ser calculada conforme a Equação 25.

$$UA_vendas_t = \sum_{i=1}^3 (vendas_{i,t} \times UA_media_i) \quad (25)$$

Onde:

- $vendas_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i vendidas no ano t , calculado conforme as Equações 19 e 20.
- UA_media_i : corresponde a UA média de cada tipo de novilho e bezerro, sendo que:
 - Se $i=1$, $UA_media_1 = 0,38$
 - Se $i=2$, $UA_media_2 = 0,81$
 - Se $i=3$, $UA_media_3 = 1,00$

3) A receita operacional bruta da pecuária pode ser obtida através da Equação 26.

$$receita_pec_t = \sum_{i=2}^3 (peso_{i,t} \times vendas_{i,t} \times preco_arroba_{i,t}) \quad (26)$$

Onde:

- $receita_pec_t$: é a receita operacional bruta da atividade pecuária, para cada ano t. É a receita operacional gerada pela venda de novilhos de 1 a 2 anos e de 2 a 3 anos.
- $peso_{i,t}$: é o peso médio do rebanho i para cada ano t, sendo que:
 - $peso_{2,t} = 16$ arrobas
 - $peso_{3,t} = 18$ arrobas
- $vendas_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i vendidas no ano t, conforme calculados pelas Equações 19 e 20.
- $preco_arroba_{i,t}$: é o preço da arroba do rebanho i, para cada ano t, sendo que:
 - $preco_arroba_{i,t}$: R\$ 133,47 por arroba.

4) O custo operacional da pecuária, para cada ano t, pode ser calculado conforme a Equação 27.

$$custos_operac_pec_t = custo_prod_pec_t + despesas_pec_t \quad (27)$$

Onde:

- $custo_operac_pec_t$: são os custos operacionais da pecuária, para qualquer ano t.
- $custo_prod_pec_t$: são os custos de produção da pecuária, para qualquer ano t.
- $despesas_pec_t$: são as despesas incorridas na pecuária em cada ano t.

5) Os custos de produção da pecuária ($custo_prod_pec_t$) são os custos incorridos na compra de sal mineral, mistura múltipla para gado na seca e nas águas, aquisição de bezerros, aquisição de bezerros e novilhos, ração animal para novilhos, medicação e vermífugos, gerente, mão de obra, semente de Braquiária, energia

elétrica, manutenção, benfeitorias e equipamentos e rastreador. Dessa forma, os custos de produção são calculados através da Equação 28.

$$\begin{aligned} \text{custo_prod_pec}_t = & \text{sal}_t + \text{mist_seca}_t + \text{mist_agua}_t + \text{custo_aquis}_{i,t} + \\ & \text{custo_aquis}_{2,t} + \text{custo_aquis}_{3,t} + \text{racao}_{2,t} + \text{racao}_{3,t} + \text{medic}_t + \text{gerente}_t + \\ & \text{mao_obra}_t + \text{braq}_t + \text{energia}_t + \text{manut_benf}_t + \text{rastrea}_t \end{aligned} \quad (28)$$

Onde:

- sal_t : é o custo incorrido (em R\$) em sal mineral no ano t. O consumo de sal mineral pode ser calculado através da Equação 29:

$$\text{sal}_t = \text{preco_sal}_t \times \text{qtde_sal}_t \quad (29)$$

Onde:

- preco_sal_t : é o preço do sal mineral no ano t. Foi considerado que o preço do quilo de sal é de R\$ 1,49⁵⁶.
- qtde_sal_t : é a quantidade de sal mineral, em quilos, consumida no ano t, que pode ser definida pela Equação 30.

$$\text{qtde_sal}_t = \text{qtde_diaria} \times (\text{UA_início}_t + \text{UA_aquis}_t) \times \frac{365}{1000} \quad (30)$$

Onde:

- qtde_diaria : é uma constante que indica a quantidade diária (em gramas) de sal mineral consumida por uma UA por dia. No trabalho do Senar (2013, p. 16), foi considerado que uma UA consome, por dia, 30 gramas de sal mineral. Essa mesma premissa será adotada nesse trabalho.

⁵⁶ No trabalho do Senar (2013, p. 189) foi considerado que o preço do sal é de R\$ 1,20 por quilo. Esse valor foi trazido a valor presente através da correção inflacionária, pelo IGP-DI, resultado em R\$ 1,49 por quilo (valores de outubro de 2016).

- UA_inicio_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos no início de cada ano t , calculada conforme a Equação 22, vista anteriormente.
- UA_aquis_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos adquiridas ao longo de cada ano t , calculada anteriormente através da Equação 23.
- $mist_seca_t$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de mistura múltipla na seca, em cada ano t . Pode-se calcular o custo incorrido na compra de mistura seca em cada ano t através da Equação 31.

$$mist_seca_t = \left(\sum_{i=1}^3 [(inicio_{i,t} + aquis_{i,t}) \times qtde_ms_i \times dias_ms_i] / 1000 \right) \times preco_ms \quad (31)$$

Onde:

- $inicio_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i no início do ano t , conforme definido anteriormente.
- $aquis_{i,t}$: corresponde ao total de cabeças de i adquiridas no ano t , conforme definido anteriormente.
- $qtde_ms_i$: é a quantidade de mistura seca que uma cabeça do bovino i consome por dia, em gramas. Sendo que, mantendo o que foi adotado pelo Senar (2013, p. 16), tem-se:
 - Se $i=1$, $qtde_ms_1 = 150$ gramas/cabeça/dia
 - Se $i=2$, $qtde_ms_2 = 200$ gramas/cabeça/dia
 - Se $i=3$, $qtde_ms_3 = 250$ gramas/cabeça/dia
- $dias_ms_i$: refere-se ao número total de dias por ano em que a mistura seca é disponibilizado para o rebanho. Mantendo as premissas adotadas pelo Senar (2013, p. 16), tem-se que:
 - Se $i=1$, $dias_ms_1 = 70$ dias/ano
 - Se $i=2$ e 3 , $dias_ms_i = 120$ dias/ano

- *preco_ms*: refere-se ao preço (por quilo) da mistura seca, que no caso é de R\$ 1,31 por quilo⁵⁷.
- *mist_agua_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de mistura múltipla nas águas, em cada ano *t*. Pode-se calcular o custo incorrido na compra de mistura nas águas em cada ano *t* através da Equação 32.

$$mist_agua_t = \left(\sum_{i=1}^3 [(inicio_{i,t} + aquis_{i,t}) \times qtde_ma_i \times dias_ma_i] \right) \times preco_ma \quad (32)$$

Onde:

- *inicio_{i,t}*: corresponde ao total de cabeças de *i* no início do ano *t*, conforme definido anteriormente.
- *aquis_{i,t}*: corresponde ao total de cabeças de *i* adquiridas no ano *t*, conforme definido anteriormente.
- *qtde_ma_i*: é a quantidade de mistura das águas que uma cabeça do bovino *i* consome por dia, em gramas. Sendo que, mantendo o que foi adotado pelo Senar (2013, p. 16), tem-se:
 - Se *i*=1 e 2, *qtde_ma_i* = 150 gramas/cabeça/dia
 - Se *i*=3, *qtde_ms₃* = 0
- *dias_ma_i*: refere-se ao número total de dias por ano em que a mistura das água é disponibilizado para o rebanho. Mantendo as premissas adotadas pelo Senar (2013, p. 16), tem-se que:
 - Se *i*=1, *dias_ma₁* = 70 dias/ano
 - Se *i*=2 e , *dias_ms₂* = 120 dias/ano
 - Se *i*=3, *dias_ms₃* = 0
- *preco_ma*: refere-se ao preço (por quilo) da mistura das águas, que no caso é de R\$ 1,05 por quilo⁵⁸.

⁵⁷ No relatório do Senar (2013, p. 49), o preço da mistura seca considerado foi de R\$1,056 por quilo. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 1,31 por quilo, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

- $\text{custo_aquis}_{1,t}$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de bezerros ($i=1$), em cada ano t . Pode-se calcular o custo incorrido na compra de bezerros em cada ano t através da Equação 33.

$$\text{custo_aquis}_{1,t} = \text{aquis}_{1,t} \times \text{preco_aquis}_{1,t} \quad (33)$$

Onde:

- $\text{aquis}_{1,t}$: é o número de cabeças de bezerros adquiridas ao longo do ano t .
- $\text{preco_aquis}_{1,t}$: é o preço de aquisição de uma cabeça de bezerro, que é de R\$ 1.017,39⁵⁹.
- $\text{custo_aquis}_{2,t}$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de novilhos de 1 a 2 anos, em cada ano t . Pode-se calcular o custo incorrido na compra de novilhos de 1 a 2 anos em cada ano t através da Equação 34.

$$\text{custo_aquis}_{2,t} = \text{aquis}_{2,t} \times \text{preco_aquis}_{2,t} \quad (34)$$

Onde:

⁵⁸ No relatório do Senar (2013, p. 149), o preço da mistura das águas considerado foi de R\$0,84 por quilo. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 1,05 por quilo, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

⁵⁹ No estudo do Senar (2013, p. 149 e 150), o custo de aquisição do bezerro considerado foi de R\$ 700 por cabeça. Para atualizar esse custo de aquisição, foi considerado um fator multiplicativo entre o custo por cabeça do bovino e o preço da arroba adotado pelo Senar (2013, p. 149 e 150), sendo esse fator multiplicado pelo preço atual do produto em questão. Por exemplo, a relação entre o custo por cabeça do bezerro (R\$ 700) e o preço da arroba (R\$ 91,83) utilizados pelo Senar (2013, p. 149 e 150) é de 7,62, logo, esse fator foi multiplicado pelo preço (R\$ 133,47) atualizado da arroba utilizado nessa dissertação, resultando em um custeio de aquisição de bezerro de R\$ 1.017,39 por cabeça.

- $aquis_{2,t}$: é o número de cabeças de novilhos de 1 a 2 anos adquiridos ao longo do ano t .
- $preco_aquis_{2,t}$: é o preço de aquisição de uma cabeça de novilho de 1 a 2 anos, que é de R\$ 1.308,07⁶⁰.
- $custo_aquis_{3,t}$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de novilhos de 2 a 3 anos, em cada ano t . Pode-se calcular o custo incorrido na compra de novilhos de 2 a 3 anos em cada ano t através da Equação 35.

$$custo_aquis_{3,t} = aquis_{3,t} \times preco_aquis_{3,t} \quad (35)$$

Onde:

- $aquis_{3,t}$: é o número de cabeças de novilhos de 2 a 3 anos adquiridos ao longo do ano t .
- $preco_aquis_{3,t}$: é o preço de aquisição de uma cabeça de novilho de 2 a 3 anos, que é de R\$ 1.569,69⁶¹.

⁶⁰ No estudo do Senar (2013, p. 149 e 150), o custo de aquisição do novilho de 1 a 2 anos considerado foi de R\$ 900 por cabeça. Para atualizar esse custo de aquisição, foi considerado um fator multiplicativo entre o custo por cabeça do bovino e o preço da arroba adotado pelo Senar (2013, p. 149 e 150), sendo esse fator multiplicado pelo preço atual do produto em questão. Por exemplo, a relação entre o custo por cabeça do novilho de 1 a 2 anos (R\$ 900) e o preço da arroba (R\$ 91,83) utilizados pelo Senar (2013, p. 149 e 150) é de 9,80, logo, esse fator foi multiplicado pelo preço (R\$ 133,47) atualizado da arroba utilizado nessa dissertação, resultando em um custeio de aquisição de novilho de 1 a 2 anos de R\$ 1.308,07 por cabeça.

⁶¹ No estudo do Senar (2013, p. 149 e 150), o custo de aquisição do novilho de 2 a 3 anos considerado foi de R\$ 1.080 por cabeça. Para atualizar esse custo de aquisição, foi considerado um fator multiplicativo entre o custo por cabeça do bovino e o preço da arroba adotado pelo Senar (2013, p. 149 e 150), sendo esse fator multiplicado pelo preço atual do produto em questão. Por exemplo, a relação entre o custo por cabeça do novilho de 2 a 3 anos (R\$ 1.080) e o preço da arroba (R\$ 91,83) utilizados pelo Senar (2013, p. 149 e 150) é de 11,76, logo, esse fator foi multiplicado pelo

- $racao_{2,t}$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de ração para novilhos de 1 a 2 anos, em cada ano t. Pode-se calcular o custo incorrido na compra de ração para novilhos de 1 a 2 anos em cada ano t através da Equação 36.

$$racao_{2,t} = (qtde_racao_2 \times dias_racao_2) \times preco_racao \quad (36)$$

Onde:

- $qtde_racao_2$: refere-se à quantidade de ração, em quilos, que uma cabeça de novilhos de 1 a 2 anos consome por dia. Seguindo a premissa adotada pela Senar (2013, p. 16), cada novilho de 1 a 2 anos consome 0,60 quilo de ração por dia.
- $dias_racao_2$: refere-se a quantidade de dias em que a ração é oferecida aos novilhos de 1 a 2 anos. Seguindo ao que foi adotado pelo Senar (2013, p. 16), foi considerado que 60 dias por ano é oferecida ração para os novilhos de 1 a 2 anos.
- $preco_racao$: corresponde ao preço pago, em R\$ por quilo, pela ração que alimenta os novilhos, que é igual a R\$ 1,34 por quilo⁶².
- $racao_{3,t}$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de ração para novilhos de 2 a 3 anos, em cada ano t. Pode-se calcular o custo incorrido na compra de ração para novilhos de 2 a 3 anos em cada ano t através da Equação 37.

$$racao_{3,t} = (qtde_racao_3 \times dias_racao_3) \times preco_racao \quad (37)$$

preço (R\$ 133,47) atualizado da arroba utilizado nessa dissertação, resultando em um custeio de aquisição de novilho de 2 a 3 anos de R\$ 1.569,69 por cabeça.

⁶² No relatório do Senar (2013, p. 149), o preço da ração considerado foi de R\$ 1,08 por quilo. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 1,34 por quilo, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

Onde:

- $qtde_racao_3$: refere-se à quantidade de ração, em quilos, que uma cabeça de novilho de 2 a 3 anos consome por dia. Seguindo a premissa adotada pela Senar (2013, p. 16), cada novilho de 2 a 3 anos consome 0,75 quilo de ração por dia.
- $dias_racao_3$: refere-se a quantidade de dias em que a ração é oferecida aos novilhos de 2 a 3 anos. Seguindo ao que foi adotado pelo Senar (2013, p. 16), foi considerado que 60 dias por ano é oferecida ração para os novilhos de 2 a 3 anos.
- $preco_racao$: corresponde ao preço pago, em R\$ por quilo, pela ração que alimenta os novilhos que, como foi visto anteriormente, é igual a R\$ 1,34 por quilo.
- $medic_t$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de medicamentos e vermífugos para o rebanho (em UA), em cada ano t . Pode-se calcular o custo incorrido na compra de medicamentos e vermífugos em cada ano t através da Equação 38.

$$medic_t = (UA_inicio_t + UA_aquis_t) \times preco_medic \quad (38)$$

Onde:

- UA_inicio_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos no início de cada ano t , conforme calculado na Equação 22, vista anteriormente.
- UA_aquis_t : é a UA relacionada ao número de cabeças de bovinos adquiridas ao longo de cada ano t , conforme calculado na Equação 23, vista anteriormente.

- *preco_medic*: refere-se ao preço dos medicamentos e vermífugos aplicados ao rebanho, o qual, foi considerado, para todos os anos da projeção, igual a R\$ 31,11 por UA por ano⁶³.
- *gerente_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com o pagamento de um gerente para a atividade pecuária, em cada ano *t*. Pode-se calcular o custo incorrido na contratação de um gerente em cada ano *t* através da Equação 39.

$$gerente_t = salario_t \times meses_t \quad (39)$$

Onde:

- *salario_t*: refere-se ao salário médio mensal pago ao gerente da atividade pecuária. Para as projeções dessa dissertação foi considerado que o salário do gerente seria igual a R\$ 2.016,12 por mês⁶⁴.
- *meses_t*: refere-se ao número de meses em que é preciso ter um gerente na atividade pecuária. Tanto nas projeções desse trabalho, como nas projeções realizadas pelo Senar (2013, p. 149 e 150), foi considerado que seria necessário ter um gerente em todos os doze meses do ano.
- *mao_obra_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a contratação de mão de obra para trabalhar na pecuária, em cada ano *t*. Pode-se calcular o custo incorrido na contratação de funcionários em cada ano *t* através da Equação 40.

⁶³ No relatório do Senar (2013, p. 149), o preço dos medicamentos e vermífugos considerado foi de R\$ 25 por UA por ano. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 31,11 por UA por ano, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

⁶⁴ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o valor do salário do gerente considerado foi de R\$ 1.620 por mês. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 2.016,12 por mês, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

$$mao_obra_t = salario_func_t \times meses_t \quad (40)$$

Onde:

- $salario_func_t$: refere-se à folha salarial média de funcionários de cada ano da atividade pecuária. Para as projeções dessa dissertação foi considerado que a folha salarial mensal seria igual a R\$ 1.344,08 por mês⁶⁵.
- $meses_t$: refere-se ao número de meses em que é preciso ter funcionários na atividade pecuária. Tanto nas projeções desse trabalho, como nas projeções realizadas pelo Senar (2013, p. 149 e 150), foi considerado que seria necessário ter funcionários em todos os doze meses do ano.
- $braq_t$: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a compra de semente de braquiária para a formação do pasto, em cada ano t. Pode-se calcular o custo incorrido na compra de sementes de braquiária em cada ano t através da Equação 41.

$$braq_t = qtde_braq \times preco_braq \quad (41)$$

Onde:

- $qtde_braq$: refere-se à quantidade de semente de braquiária que deverá ser plantada na área da pecuária. Seguindo a premissa adota pelo Senar (2013, p. 149 e 150), foi considerado que seriam necessárias 1.400 sementes de braquiária por ano.

⁶⁵ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o valor médio da folha salarial considerado foi de R\$ 1.080 por mês. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 1.344,08 por mês, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

- *preco_braq*: refere-se ao preço de cada semente de braquiária, que foi no valor de R\$ 11,95⁶⁶.
- *energia_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com o consumo de energia elétrica, em cada ano *t*. Foi considerado que o valor gasto com energia elétrica, por mês, é de R\$ 435,58, logo, o consumo anual é de R\$ 5226,97⁶⁷.
- *manut_benf_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com manutenção de benfeitorias e equipamentos na pecuária, em cada ano *t*. Foi considerado que o valor gasto com manutenção de benfeitorias e equipamentos, por mês, é de R\$ 1.847,49, logo, o gasto anual é de R\$ 22.169,84⁶⁸.
- *rastreab_t*: corresponde ao valor gasto (em R\$) com a rastreabilidade do rebanho, em cada ano *t*. Pode-se calcular o custo incorrido na rastreabilidade do rebanho em cada ano *t* através da Equação 42.

$$rastreab_t = \left(\sum_{i=1}^3 vendas_{i,t} \right) \times preco_rastreab \quad (42)$$

⁶⁶ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o preço da semente de braquiária considerado foi de R\$ 9,60. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 11,95, sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

⁶⁷ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o consumo mensal de energia elétrica considerado foi de R\$ 350,00 (ou R\$ 4.200 por ano). Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor mensal de R\$ 435,58 (ou R\$ 5.226,97 por ano), sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

⁶⁸ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o gasto mensal com manutenção de benfeitorias e equipamentos considerado foi de R\$ 1.484,50 (ou R\$ 17.814,00 por ano). Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor mensal de R\$ 1.847,49 (ou R\$ 22.169,84 por ano), sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

Onde:

- $vendas_{i,t}$: corresponde ao número de cabeças de i vendidas no ano t , conforme calculado através das Equações 19 e 20.
- $preco_rastreab$: é o preço de rastrear cada cabeça do rebanho vendido. Foi considerado que a rastreabilidade de cada cabeça do rebanho vendido custa R\$ 3,11⁶⁹.

6) As despesas incorridas na pecuária ($despesas_pec_t$) são calculadas conforme a Equação 43.

$$despesas_pec_t = adm_pec_t + deprec_pec_t \quad (43)$$

Onde:

- adm_pec_t : corresponde à despesa em administração geral da pecuária no ano t . Foi considerado que o preço da administração geral da pecuária é de R\$ 6.222,59 por mês (ou R\$ 74.671,07 por ano)⁷⁰.
- $deprec_pec_t$: é a despesa com a depreciação dos investimentos em ativos da atividade pecuária, e pode ser calculada através da Equação 44.

$$deprec_pec_t = (tx_deprec_pec_t \times \sum_1^t invest_capital_pec_t) \quad (44)$$

Onde:

⁶⁹ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o preço da rastreabilidade considerado foi de R\$ 2,50 por cabeça. Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor de R\$ 3,11 por cabeça, sendo esse o valor considerado nessa dissertação

⁷⁰ No relatório do Senar (2013, p. 149 e 150), o gasto mensal com administração geral considerado foi de R\$ 5.000,00 (ou R\$ 60.000,00 por ano). Esse preço foi atualizado pelo IGP-DI até outubro de 2016, alcançando o valor mensal de R\$ 6.222,59 (ou R\$ 74.671,07 por ano), sendo esse o valor considerado nessa dissertação.

- $tx_deprec_pec_t$: indica a taxa de depreciação dos ativos da pecuária no ano t . Para isso, foi considerada a taxa média anual de depreciação considerada pelo Senar (2013, p. 149 e 150)⁷¹, sendo que:
 - Para $t=1$, $tx_deprec_t = 1,5\%$;
 - Para $t=2$, $tx_deprec_t = 1,2\%$; e
 - Para $t=3$ a 20 , $tx_deprec_t = 1,0\%$.
- $invest_capital_pec_t$: refere-se ao valor investido em capital na pecuária em cada ano t ., sendo que:
 - se $t=1$, $invest_pec_1 = R\$ 1.018.189,77$
 - se $t=2$, $invest_pec_2 = R\$ 221.698,40$
 - se $t=3$, $invest_pec_3 = R\$ 295.597,86$
 - se $t=4$ a 20 , $invest_lav_t = 0$

7) A margem de contribuição da pecuária, para cada ano t , pode ser calculada conforme a Equação 45.

$$margem_pec_t = receita_pec_t - custo_prod_pec_t \quad (45)$$

Onde:

- $margem_pec_t$: é a margem de contribuição da pecuária no tempo t ;
- $receita_pec_t$: é a receita operacional da pecuária para o tempo t ; calculada conforme Equação 26;
- $custo_prod_pec_t$: é o custo de produção da pecuária no tempo t , calculado conforme Equação 28.

8) O lucro bruto da pecuária, para cada ano t , pode ser calculado conforme a Equação 46.

$$lucro_bruto_pec_t = margem_pec_t - despesas_pec_t - juros_pec_t \quad (46)$$

Onde:

- $lucro_bruto_pec_t$: é o lucro bruto da pecuária em cada tempo t ;
- $margem_pec_t$: é a margem de contribuição da pecuária no tempo t ; calculado conforme a Equação 45;
- $despesas_pec_t$: é o valor das despesas operacionais da pecuária para cada ano t ; calculado conforme a Equação 43;
- $juros_pec_t$: é o valor dos juros referente ao financiamento da atividade de pecuária captado através da linha ABC BNDES no tempo t . Pode ser calculado conforme a Equação 47:

$$juros_pec_t = tx_juros \times \left(\sum_{i=1}^t invest_pec_i \right) - \sum_{i=1}^{t-1} amort_pec_{i-1} \quad (47)$$

Onde:

- $juros_pec_t$: refere-se ao montante de juros a ser pago referente ao financiamento adquirido para a atividade de pecuária no tempo t ;
- tx_juros : refere-se a taxa de juros cobrada pela linha ABC BNDES, que, como já foi visto, é de 8,5% ao ano;
- $invest_pec_t$: refere-se ao montante de investimento realizado e financiado para a atividade de pecuária, no tempo t . É definido pela Equação 48.

$$invest_pec_t = invest_capital_pec_t + custeio_assoc_pec_t \quad (48)$$

Onde:

- $invest_capital_pec_t$: refere-se ao valor investido em capital (máquinas, equipamentos e veículos) na pecuária em cada ano t , conforme definido anteriormente;
- $custeio_assoc_pec_t$: refere-se ao montante financiado pela linha ABC BNDES destinado ao custeio associado da pecuária, que é a parcela do financiamento que será utilizado com gastos destinados a viabilizar a produção inicial.

Como foi visto, pode-se financiar o custeio associado limitando até 40% do valor total financiado. Logo, seguindo o que foi realizado pelo Senar (2013, p. 151), considerou-se que, do total financiado (R\$1.626.798,02), 8,23% foi destinado ao custeio associado do primeiro ano. Logo:

- Para $t=1$, $\text{custeio_assoc_pec}_1 = \text{R\$ } 91.312,00$;
- Para $nt>1$, $\text{custeio_assoc_pec}_t = 0$

- amort_pec_{t-1} : refere-se ao valor amortizado do financiamento para a lavoura até o ano $t-1$.

O prazo de pagamento do financiamento para os projetos de pecuária é de 8 (oito) anos, sendo que 3 (três) desses anos são referentes ao período de carência. Logo, nos primeiros 3 anos a amortização do financiamento da pecuária (amort_pec_t) é igual a zero.

Além disso, no ano 4, será amortizado um quinto do financiamento para a pecuária obtido no primeiro ano, ou seja, a amortização será de R\$ 221.900,35. No ano 5, será amortizado R\$ 221.900,35 mais um quinto da do financiamento obtido no segundo ano, ou seja, no quinto ano será amortizada a quantia de R\$ 266.240,03. No ano 6, será amortizado a quantia de R\$ 266.240,03 mais um quinto do financiamento obtido no terceiro ano, ou seja, no sexto ano será amortizada a quantia de R\$ 325.359,60.

Nos anos 7 e 8 também serão amortizados as quantias de R\$ 325.359,60. No ano 9, será amortizado um quinto do valor financiado no ano 2 e um quinto do valor financiado no ano 3, totalizando a quantia de R\$ 103.459,25. Por fim, no ano 10, será amortizado um quinto do financiamento obtido no ano 3, totalizando a quantia de R\$ 59.119,57.

9) O lucro líquido da pecuária, para cada ano t , pode ser calculado conforme a Equação 49.

$$\text{lucro_liq_pec}_t = \text{lucro_bruto_pec}_t - \text{impostos_pec}_t \quad (49)$$

Onde:

- lucro_liq_pec_t: é o lucro líquido da pecuária no tempo t;
- lucro_bruto_pec_t: é o lucro bruto da pecuária no tempo t; calculado conforme a Equação 46; e
- impostos_pec_t: é o total a ser pago de imposto no tempo t, referente à atividade de pecuária.

10) O imposto a ser pago pelo produtor referente à atividade de pecuária, em cada ano, pode ser calculado conforme a Equação 50.

$$\text{impostos_pec}_t = \text{impostos_rec_pec}_t + \text{impostos_lucro_pec}_t \quad (50)$$

Onde:

- impostos_pec_t: é o total a ser pago de imposto no tempo t, referente à atividade de pecuária;
- impostos_rec_pec_t: é o montante, em R\$, a ser pago de imposto que é calculado sobre a receita operacional bruta da pecuária, em cada ano t. É o caso da taxa Senar e do Funrural; e
- impostos_lucro_pec_t: é o montante, em R\$, a ser pago de imposto que é calculado sobre o lucro bruto da pecuária. É o caso do Imposto de Renda (IR).

11) O imposto sobre receitas da pecuária pode ser calculado de acordo com a Equação 51.

$$\begin{aligned} \text{impostos_rec_pec}_t = & (\text{tx_Senar} \times \text{receita_pec}_t) \\ & + (\text{tx_Funrural} \times \text{receita_pec}_t) \end{aligned} \quad (51)$$

Onde:

- tx_Senar: é a taxa a ser paga ao Senar. A taxa Senar considerada é de 0,2%.
- receita_pec_t: refere-se ao valor da receita operacional bruta da pecuária no ano t, calculada conforme a Equação 26.

- tx_Funrural: é a taxa a ser paga ao Funrural. A taxa Funrural considerada é de 2,1%.

12) O imposto sobre o lucro da pecuária para cada ano t ($\text{impostos_lucro_pec}_t$) é calculado sobre o lucro bruto da pecuária, que é calculado seguindo a tabela de tributação ou tributando 20% da receita operacional bruta seguindo também a tabela de tributação.

13) O Fluxo de Caixa Operacional (FCO) da pecuária pode ser calculado conforme a Equação 52.

$$FCO_pec_t = \text{lucro_liq_pec}_t + \text{deprec_pec}_t - \text{reinvest_pec}_t + \text{resid_pec}_t \quad (52)$$

Onde:

- FCO_pec_t : é o fluxo de caixa operacional da pecuária no tempo t ;
- lucro_liq_pec_t : é o lucro líquido da pecuária no tempo t , conforme calculado na Equação 49;
- deprec_pec_t : refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na pecuária, conforme calculadas na Equação 44.
- reinvest_pec_t : é o valor do reinvestimento na atividade de pecuária, feito com capital próprio, no tempo t . Assim, como foi realizado no trabalho do Senar (2013, p. 151 e 152), não será considerada a necessidade de realizar reinvestimentos na pecuária durante toda a vida do projeto. Logo: $\text{reinvest_pec}_t = 0$, para todo ano t .
- resid_pec_t : refere-se ao valor residual dos investimentos realizados na pecuária, em cada ano t . Onde:
 - Para $t=20$, $\text{resid_pec}_t = \text{R\$ } 857.744,79$; e
 - Caso contrário, $\text{resid_pec}_t = 0$

14) O Fluxo de Caixa Operacional Líquido (FCOL) da pecuária pode ser calculado através da Equação 53.

$$FCOL_pec_t = FCO_pec_t - amort_pec_t \quad (53)$$

Onde:

- $FCOL_pec_t$: é o FCOL da pecuária em cada tempo t.
- FCO_pec_t : é o FCO da pecuária em cada tempo t, conforme calculado pelo Equação 52.
- $amort_pec_t$: é o valor de amortização do financiamento em cada tempo t, conforme definido anteriormente.

15) O Fluxo de Caixa Descontado (FCD) ou o Retorno Econômico, para cada ano t, da pecuária pode ser calculado através da Equação 54.

$$retorno_pec_t = FCOL_pec_t + deprec_pec_t - invest_pec_t \quad (54)$$

Onde:

- $retorno_pec_t$: é o retorno econômico da pecuária em cada tempo t;
- $FCOL_pec_t$: é o FCOL da pecuária em cada tempo t, calculado conforme a Equação 53;
- $deprec_pec_t$: refere-se às despesas incorridas na depreciação dos ativos investidos na pecuária, conforme calculado na Equação 44;
- $invest_pec_t$: refere-se ao montante de investimento realizado e financiado para a atividade de pecuária, no tempo t, calculado conforme a Equação 48, vista anteriormente.

B.3 EQUAÇÕES E PREMISSAS DO SISTEMA ILP

1) O Fluxo de Caixa Descontado (FCD) ou o Retorno Econômico, para cada ano t, do sistema iLP pode ser calculado através da Equação 55.

$$retorno_ilp_t = retorno_lav_t + retorno_pec_t \quad (55)$$

Onde:

- retorno_ilp_t : é o retorno econômico do sistema iLP em cada ano t .
- retorno_lav_t : é o retorno econômico da lavoura em cada ano t , conforme calculado pela Equação 16.
- retorno_pec_t : é o retorno econômico da pecuária em cada tempo t , conforme calculado pela Equação 54.

APÊNDICE C: FLUXOS DE CAIXA

1. Fluxo de Caixa da Lavoura

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas Operacionais	3.410.587	2.738.361	2.967.156	3.197.711	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562
Custos Produção	2.095.515	1.514.769	1.518.113	1.512.233	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009
Margem de Contribuição	1.315.072	1.223.592	1.449.043	1.685.478	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553
Despesas fixas	272.521	296.774	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536
Juros-Financiamento	308.996	343.610	349.659	349.659	287.860	219.138	149.206	79.275	9.343	1.210
Lucro Bruto	733.555	583.208	729.848	966.283	1.114.157	1.182.879	1.252.811	1.322.743	1.392.675	1.400.808
Imposto sobre receita 2,3%	78.443	62.982	68.245	73.547	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315
Imposto sobre lucro	177.280	140.307	152.891	55.487	73.755	88.739	107.970	127.201	169.798	169.798
Lucro líquido	477.832	379.918	508.713	837.249	965.088	1.018.826	1.069.526	1.120.227	1.147.562	1.155.695
Depreciações	48.507	72.761	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522
Reinvestimentos	0	0	0	0	0	237.235	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	526.340	452.679	654.235	982.771	1.110.610	927.113	1.215.049	1.265.749	1.293.084	1.301.217
Amortização do Financiamento	0	0	0	727.048	808.494	822.728	822.728	822.728	95.680	14.234
Fluxo de caixa operac. Líq	526.340	452.679	654.235	255.723	302.116	104.385	392.320	443.021	1.197.404	1.286.983
Fluxo de caixa acumulado	526.340	979.019	1.633.254	1.888.977	2.191.093	2.295.478	2.687.798	3.130.819	4.328.224	5.615.207
Investimentos	3.635.241	407.229	71.170	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	-3.157.409	-27.311	437.542	110.200	156.594	-41.138	246.798	297.499	1.051.882	1.141.461

Fonte: Elaboração do autor.

1. Fluxo de Caixa da Lavoura (cont.)

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Receitas Operacionais	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562	3.274.562
Custos Produção	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009	1.503.009
Margem de Contribuição	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553	1.771.553
Despesas fixas	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536	369.536
Juros-Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lucro Bruto	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018	1.402.018
Imposto sobre receita 2,3%	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315	75.315
Imposto sobre lucro	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798	169.798
Lucro líquido	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905
Depreciações	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522	145.522
Reinvestimentos	1.771.014	0	0	0	0	237.235	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	-468.587	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.065.192	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.953.494
Amortização do Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa operac. Líq	-468.587	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.065.192	1.302.427	1.302.427	1.302.427	1.953.494
Fluxo de caixa acumulado	5.146.620	6.449.047	7.751.474	9.053.901	10.356.328	11.421.520	12.723.947	14.026.374	15.328.801	17.282.295
Investimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	-614.109	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.156.905	919.670	1.156.905	1.156.905	1.156.905	1.807.972

Fonte: Elaboração do autor.

2. Fluxo de Caixa da Pecuária

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas Operacionais	210.344	1.035.670	1.299.649	1.464.909	1.570.801	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382
Custos Produção	142.071	172.007	1.031.613	1.126.131	1.063.894	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917
Margem de Contribuição	68.274	863.663	268.035	338.778	506.907	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464
Despesas	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451
Juros-Financiamento	94.308	113.152	138.278	138.278	119.416	96.786	69.130	41.475	13.819	5.025
Lucro Bruto	-115.485	661.060	40.307	111.049	298.039	232.227	259.883	287.538	315.194	323.988
Imposto sobre receita 2,3%	4.838	23.820	29.892	33.693	36.128	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957
Imposto sobre lucro	0	46.659	1.848	0	698	0	0	0	47.924	62.536
Lucro líquido	-120.323	590.581	8.567	77.356	261.214	198.270	225.926	253.582	233.313	227.495
Depreciações	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780
Reinvestimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	-105.543	605.360	23.347	92.136	275.993	213.050	240.706	268.361	248.093	242.275
Amortização do Financiamento	0	0	0	221.900	266.240	325.360	325.360	325.360	103.459	59.120
Fluxo de caixa operac. Líq	-105.543	605.360	23.347	-129.764	9.753	-112.309	-84.654	-56.998	144.633	183.155
Fluxo de caixa acumulado	-105.543	499.818	523.164	393.400	403.154	290.844	206.191	149.192	293.826	476.981
Investimentos	1.109.502	221.698	295.598	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	-1.229.825	368.882	-287.031	-144.544	-5.026	-127.089	-99.434	-71.778	129.854	168.375

Fonte: Elaboração do autor.

2. Fluxo de Caixa da Pecuária (cont.)

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Receitas Operacionais	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382	1.476.382
Custos Produção	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917	1.057.917
Margem de Contribuição	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464	418.464
Despesas	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451	89.451
Juros-Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lucro Bruto	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013	329.013
Imposto sobre receita 2,3%	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957	33.957
Imposto sobre lucro	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898	70.898
Lucro líquido	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158
Depreciações	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780	14.780
Reinvestimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	1.096.683
Amortização do Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa operac. Líq	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	238.938	1.096.683
Fluxo de caixa acumulado	715.919	954.857	1.193.795	1.432.733	1.671.671	1.910.609	2.149.547	2.388.485	2.627.423	3.724.105
Investimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	224.158	1.081.903

Fonte: Elaboração do autor.

3. Fluxo de Caixa do Sistema iLP

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas Operacionais	3.620.931	3.774.032	4.266.805	4.662.620	4.845.363	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944
Custos Produção	2.237.586	1.686.776	2.549.726	2.638.364	2.566.903	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926
Margem de Contribuição	1.383.345	2.087.255	1.717.079	2.024.256	2.278.460	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017
Despesas	361.972	386.225	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987
Juros-Financiamento	403.303	456.762	487.937	487.937	407.277	315.924	218.337	120.749	23.162	6.235
Lucro Bruto	618.071	1.244.268	770.155	1.077.332	1.412.197	1.415.107	1.512.694	1.610.281	1.707.869	1.724.796
Imposto sobre receita 2,3%	83.281	86.803	98.137	107.240	111.443	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272
Imposto sobre lucro	177.280	186.966	154.739	55.487	74.452	88.739	107.970	127.201	217.723	232.334
Lucro líquido	357.510	970.499	517.280	914.605	1.226.301	1.217.096	1.295.452	1.373.808	1.380.875	1.383.190
Depreciações	63.287	87.541	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302
Reinvestimentos	0	0	0	0	0	237.235	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	420.797	1.058.040	677.582	1.074.907	1.386.604	1.140.163	1.455.754	1.534.111	1.541.177	1.543.492
Amortização do Financiamento	0	0	0	948.949	1.074.734	1.148.088	1.148.088	1.148.088	199.139	73.354
Fluxo de caixa operac. Líq	420.797	1.058.040	677.582	125.959	311.869	-7.924	307.667	386.023	1.342.038	1.470.138
Fluxo de caixa acumulado	420.797	1.478.837	2.156.419	2.282.377	2.594.247	2.586.322	2.893.989	3.280.012	4.622.050	6.092.188
Investimento	4.744.743	628.927	366.768	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	-4.387.234	341.572	150.511	-34.344	151.567	-168.227	147.364	225.721	1.181.736	1.309.836

Fonte: Elaboração do autor.

3. Fluxo de Caixa do Sistema iLP (cont.)

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Receitas Operacionais	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944	4.750.944
Custos Produção	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926	2.560.926
Margem de Contribuição	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017	2.190.017
Despesas	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987	458.987
Juros-Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lucro Bruto	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031	1.731.031
Imposto sobre receita 2,3%	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272	109.272
Imposto sobre lucro	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697	240.697
Lucro líquido	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063
Depreciações	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302	160.302
Reinvestimentos	1.771.014	0	0	0	0	237.235	0	0	0	0
Fluxo de caixa operacional	-229.649	1.541.365	1.541.365	1.541.365	1.541.365	1.304.130	1.541.365	1.541.365	1.541.365	3.050.177
Amortização do Financiamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fluxo de caixa operac. Líq	-229.649	1.541.365	1.541.365	1.541.365	1.541.365	1.304.130	1.541.365	1.541.365	1.541.365	3.050.177
Fluxo de caixa acumulado	5.862.539	7.403.904	8.945.269	10.486.634	12.027.999	13.332.129	14.873.494	16.414.858	17.956.223	21.006.400
Investimento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado econômico	-389.951	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.381.063	1.143.828	1.381.063	1.381.063	1.381.063	2.889.874

Fonte: Elaboração do autor.